BRYAN WALSH
KONIEC ŚWIATA
KRÓTKI PRZEWODNIK PO TYM, CO NAS CZEKA

CZARNA OWCA

BRYAN WALSH

KONIEC ŚWIATA

KRÓTKI PRZEWODNIK PO TYM, CO NAS CZEKA

PRZEŁOŻYŁ
GRZEGORZ KULESZA

WYDAWNICTWO
CZARNA OWCA

Spis treści

Okładka
Strona tytułowa
Strona redakcyjna
Wstęp
Asteroida
Wulkan
Atom
Zmiany klimatu
Choroby
Biotechnologia
Sztuczna inteligencja
Obcy
Przetrwanie
Koniec
Podziękowania
Przypisy końcowe

Tytuł oryginału: *End Times: A Brief Guide to the End of the World: Asteroids, Supervulcanoes, Rouge Robots, and More*

Redakcja, korekta: d2d.pl
Projekt okładki: Jasiek Krzysztofiak
Redaktor inicjujący: Bartłomiej Nawrocki

Copyright © 2019 by Bryan Walsh
This edition published by arrangement with Hachette Books, an imprint of Perseus Books, LLC, a subsidiary of Hachette Book Group, Inc., New York, New York, USA. All rights reserved
Copyright © for the Polish translation by Grzegorz Kulesza, 2021
Copyright © for the Polish edition by Wydawnictwo Czarna Owca, Warszawa 2021

Wszelkie prawa zastrzeżone. Niniejszy plik jest objęty ochroną prawa autorskiego i zabezpieczony znakiem wodnym (watermark).
Uzyskany dostęp upoważnia wyłącznie do prywatnego użytku.
Rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiejkolwiek postaci bez zgody właściciela praw jest zabronione.

Wydanie I

ISBN: 9788381432740

WYDAWNICTWO
CZARNA OWCA

ul. Wspólna 35/5
00-519 Warszawa
www.czarnaowca.pl

DZIAŁ HANDLOWY tel.: +48 22 616 29 36, e-mail: handel@czarnaowca.pl
REDAKCJA tel.: +48 22 616 29 20, e-mail: redakcja@czarnaowca.pl
SKLEP INTERNETOWY tel.: +48 22 77 55 705, www.inverso.pl

Konwersję do wersji elektronicznej wykonano w systemie **Zecer**.

Siobhan i Ronanowi

Przecież z czterech miliardów form życia, które istniały na tej planecie, trzy miliardy dziewięćset sześćdziesiąt milionów wymarło. Nie wiemy dlaczego. Niektóre z przyczyn niczym nieusprawiedliwionych, niektóre wskutek naturalnych kataklizmów, niektóre zniszczone przez meteoryty i asteroidy. W świetle tej masowej zagłady przypuszczenie, że *Homo sapiens* powinien stanowić wyjątek, naprawdę wydaje się niedorzeczne.

P. D. James, *Ludzkie dzieci*,
przeł. M. Gębicka-Frąc

Wstęp

Przeciętny człowiek żyje około dwóch miliardów sekund [1], ale tylko kilka z nich to momenty, w których zmienia się naprawdę wszystko. Może to być sekunda po tym, jak usłyszycie najgorsze wieści w życiu albo gdy osoba, którą zawsze chcieliście odnaleźć, powie „tak”. W moim przypadku udało się tę chwilę uwiecznić na fotografii. Stoję w pokoju szpitalnym dzień po narodzinach swojego syna, a z prawej jest moja żona Siobhan. W moim spojrzeniu widać wyczerpanie, spod którego przebija się uśmiech. Po drugiej stronie Siobhan są mój ojciec i matka, która patrzy w obiektyw z wyrazem nieposkromionej radości. Trzyma na rękach nasze pierwsze dziecko, Ronana. Mały ma wtedy tylko kilka godzin, jego drobną, cieniutką czaszkę przykrywa rudoblond meszek, dłonie zaciska w piąstki, a oczy ma zamknięte, żeby obronić się przed słońcem. Ronan jest jednym z najnowszych mieszkańców planety Ziemi i nic już nie będzie dla nas takie, jak było.

Dziś, gdy patrzę na to zdjęcie, widzę na nim, jak przyszłość staje się rzeczywistością. Mój ojciec, tak ważny dla mnie w dziecięcych latach, nie jest już tylko ojcem, ale też dziadkiem. Moja matka, pierwsza osoba, którą świadomie pamiętam, nie jest już tylko matką, ale też babcią. A ja, trzydziestodziewięcioletni syn, nie jestem już tylko synem, ale też ojcem, tak jak moja żona jest teraz matką. Jesteśmy częścią łańcucha ciągnącego się w przyszłość, jedno ludzkie ogniwo za drugim – każde równie słabe, jak noworodek.

Do tamtej chwili nigdy tak naprawdę nie myślałem o przyszłości, co w sumie dość zabawne, bo od piętnastu lat wykonywałem zawód dziennikarza i przyszłość była tematem mojej pracy. Pierwsze lata w branży spędziłem jako korespondent zagraniczny magazynu „Time" w Azji Wschodniej, gdzie widziałem największe zwycięstwo nad nędzą w dziejach świata oraz gospodarczo-polityczne trzęsienie ziemi, którego skutki będą odczuwane przez dziesięciolecia. Przysyłałem reportaże z centrum epidemii SARS, pierwszej globalnej zarazy XXI wieku, wirusa, który pojawił się znikąd i ujawnił, jak bardzo naszej globalnej wiosce zagrażają choroby zakaźne. Przez rok pracowałem w Japonii jako szef tokijskiego biura „Time", przygotowywałem doniesienia z kraju żyjącego na progu jutra.

Po sześciu latach w Azji przeniosłem się do centrali „Time" w Nowym Jorku, gdzie pisałem o zmianach klimatycznych, zjawisku, które bardziej niż jakiekolwiek inne odmieni granice obowiązujące w świecie naszej przyszłości. Pisałem doniesienia z konferencji o dziejowym znaczeniu, takich jak szczyt klimatyczny ONZ w Kopenhadze w 2009 roku, podróżowałem też na znikające lodowe płyty Arktyki. Byłem w ginących lasach deszczowych Ameryki Południowej i porażonych suszą górach północnych Indii. Wszędzie widziałem, jak kurczy się przyszłość ludzkości, topniejąca jak lodowce, których dzielenie oglądałem kiedyś u wybrzeży Grenlandii.

Gdy ludzie słyszeli, że piszę o zmianach klimatu – jeśli w nie wierzyli – pytali na ogół, czy ten temat mnie przygnębia. Czy nie jesteśmy wszyscy skazani na zagładę? Mówiłem im, że zmiany klimatyczne są niezwykle ważne, bo to problem na przecięciu biznesu, polityki i nauki, a poza tym mogę dzięki nim nazbierać całą masę egzotycznych stempli w paszporcie. Nie było to aż tak odległe od prawdy. Zmiany klimatu były dla mnie ważne i poczytywałem sobie za wielkie szczęście, że mogę o nich pisać. Czytałem badania, przygotowywałem artykuły – straszne ilości artykułów – przestrze-

gające, że nasz gatunek czeka zagłada, jeśli nie przeprowadzimy radykalnej przemiany naszego sposobu życia. Jednak nigdy tego nie czułem. Nie czułem przyszłości – jej ciężaru, niepewności, znaczenia, jej delikatności, takiej jak u swojego nowo narodzonego syna.

Ale w końcu poczułem.

W ankiecie przeprowadzonej przez Reutersa w 2012 roku w ponad dwudziestu krajach świata piętnaście procent pytanych osób przewidywało, że świat skończy się za ich życia [2]. Sondaż z 2015 roku, w którym zasięgnięto opinii Amerykanów, Australijczyków, Brytyjczyków i Kanadyjczyków, wykazał, że większość z nich oceniała ryzyko, iż nasz sposób życia zniknie w ciągu następnych stu lat, na pięćdziesiąt procent lub więcej. Jedna czwarta podobnie szacowała prawdopodobieństwo, że w tym czasie ludzkość czeka absolutna zagłada [3]. Więcej spośród mieszkańców USA uważa, że lepiej żyło się pół wieku temu – kiedy codziennością była wizja atomowego holocaustu – niż dziś [4]. W 2018 roku zespół naukowy ONZ doniósł, że świat ma zaledwie dwanaście lat, by drastycznie ograniczyć emisję dwutlenku węgla, jeśli nie chce ryzykować globalnej katastrofy [5]. Jednocześnie w epoce prezydenta Trumpa ton doniesień medialnych z obu stron politycznej barykady stał się w gruncie rzeczy apokaliptyczny. Kiedy nie czytamy o prawdziwym końcu świata, oglądamy jego fikcyjne wersje: *The Walking Dead*, *Igrzyska śmierci*, *Avengers. Koniec gry*; połowa nowych seriali na Netfliksie też podejmuje ten temat. Im bardziej krwawe i antyutopijne są te wizje, tym bardziej je uwielbiamy, oczywiście dopóki jesteśmy tylko widzami, nie uczestnikami. Boimy się apokalipsy, ale niektórzy z nas o niej marzą – i może nawet uważają, że na nią zasłużyliśmy.

Na ironię zakrawa, że ta egzystencjalna panika wybucha na tle świata, który dla większości ludzi jest lepszy niż kiedykolwiek. W 2018 roku po

raz pierwszy w historii więcej niż połowa ludności Ziemi kwalifikowała się jako „klasa średnia” lub „bogaci” [6]. Śmiertelność noworodków spadła w ostatnich dwudziestu pięciu latach o ponad połowę [7]. Choć broń stała się bardziej zabójcza niż kiedykolwiek, dzisiaj na świecie w wyniku konfliktów zbrojnych ginie mniej ludzi niż sześćset lat temu [8]. A jeśli te liczby nie przemawiają do wyobraźni, zadajcie sobie Państwo pytanie: czy woleliby-ście urodzić się pięćdziesiąt lat temu, kiedy wcale nie tak dawnym wspomnieniem była globalna wojna, w której zginęło ponad sześćdziesiąt milionów ludzi? Sto lat temu, przed odkryciem antybiotyków, gdy od zwykłej infekcji można było umrzeć? Tysiąc lat temu, gdy średnia długość życia wynosiła około trzydziestu lat? [9] Wątpię.

Nie doceniamy teraźniejszości po części dlatego, że nie do końca rozumiemy przeszłość – chociaż zarazem błędnie zakładamy, że będzie dokładnie taka jak dziś. Psychologowie nazywają tę ludzką cechę *heurystyką dostępności*. To tendencja do poddawania się wpływowi tego, co najbardziej widoczne, co najbardziej wyjątkowe w naszych przeżyciach. Heurystyka dostępności skłania nas do nieproporcjonalnych reakcji, na przykład gdy słyszymy o zamachowcu samobójcy i natychmiast dostajemy obsesji na punkcie zagrożenia ze strony terrorystów, chociaż statystyki pokazują, że podobne sytuacje zdarzają się coraz rzadziej [10]. Najbardziej dostępne naszemu umysłowi są te zagrożenia, którymi się przejmujemy, i właśnie dlatego tak wiele przepisów wynika raczej z kryzysu niż z rozsądku [11]. Jako doświadczony dziennikarz winę za to muszę wziąć na siebie – w wiadomościach zawsze staramy się podawać to, co zdarzyło się niedawno i zapada w pamięć, a więc odgrywamy znaczną rolę w zwracaniu naszej uwagi na teraźniejszość kosztem perspektywy historycznej. Żadna gazeta nie daje na pierwszej stronie nagłówka, że wczoraj sto tysięcy ludzi wyszło z nędzy [12] – a jednak przez ostatnie lata zdarza się to niemal codziennie. Krótko-

wzroczność heurystyki dostępności narzuca nam obsesję na temat wszystkiego, co idzie dziś nie tak, i czyni nas ślepymi na to, ile już osiągnęliśmy.

Ale ta sama psychologiczna przypadłość każe nam też lekceważyć znacznie większe niebezpieczeństwa lub zagrożenia, jeśli nigdy ich nie doświadczyliśmy. Internet może pamięta wszystko, ludzie jednak zapominają szybko i często. Niewielu z nas doświadczyło w życiu prawdziwych katastrof, nikt nie widział nigdy asteroidy na kursie kolizyjnym z naszą planetą, nie uświadczył wybuchu choroby, która zagrażałaby istnieniu ludzkości. Te zagrożenia nie są dla nas dostępne, więc traktujemy je jako nierzeczywiste – chociaż nauka i statystyka mówią co innego. To, że nie rozumiemy, iż przyszłość może być diametralnie odmienna od przeszłości, jest przede wszystkim wadą naszej psychiki. I może jest to wada śmiertelna dla całego gatunku.

W życiu, podobnie jak na giełdzie, dawne wyniki nie są gwarancją rezultatów w przyszłości. Nie chodzi już tylko o coraz mocniej uderzające w nas zmiany klimatu ani narastającą niestabilność w kraju i za granicą, ani o zabójcze katastrofy, których z każdym rokiem jest jakby coraz więcej. To nie tylko bolesne poczucie, że nasz świat wymyka się spod kontroli z każdym tweetem prezydenta USA. Przyszłość ludzkości jako takiej jest dziś zagrożona bardziej niż kiedykolwiek przez niebezpieczeństwa zarówno z kosmosu, jak i z Ziemi, a także przez technologię, która przyniosła nam taki dobrobyt.

Wydaje nam się, że wiemy, co najgorszego może nam się zdarzyć, ale najstraszniejsze katastrofy, które dotknęły rodzaj ludzki: II wojna światowa, czarna śmierć – zabójczyni około dwustu milionów ludzi w XIV wieku, największe huragany i najbardziej niszczycielskie trzęsienia ziemi to ledwie przygrywki w porównaniu z tym, co opisuję w tej książce, z zagrożeniami, którym stawiamy czoła dzisiaj. To niebezpieczeństwa groźniejsze niż naj-

mroczniejsze dni w dziejach ludzkości. Nazywamy je zagrożeniami egzystencjalnymi, bo są w stanie położyć kres istnieniu naszego gatunku raz na zawsze. Stanowią błędy nie do naprawienia, katastrofy zdolne przerwać naszą historię w pół zdania.

Zawsze żyliśmy w cieniu zagrożeń egzystencjalnych, tylko tego nie wiedzieliśmy. W ciągu czterech i pół miliarda lat istnienia naszej planety przynajmniej pięć razy nadeszły wielkie fale wymierania, wyniszczające właściwie całe życie na Ziemi, nierzadko podkreślane naturalnymi katastrofami na skalę światową. Uderzenia asteroid, eksplozje superwulkanów, a nawet promieniowanie gamma z kosmosu przypominają, że wszechświat nie jest bezpiecznym miejscem.

Zagłada dinozaurów sześćdziesiąt sześć milionów lat temu, wywołana głównie uderzeniem dziewięciokilometrowej asteroidy, była przypadkiem masowego wymierania. Wyginęło 99,9 procent gatunków, które kiedykolwiek żyły na Ziemi. Niektóre wyewoluowały w inne gatunki, ale większość, na przykład każdy inny gatunek z rodzaju *Homo*, z którym dzieliliśmy planetę, zwyczajnie wymarła. Podobny los może czekać i nas.

O ile wszechświat zawsze chociaż trochę chciał nas zabić, o tyle nowością jest, że możemy zniszczyć się sami, przez pomyłkę albo umyślnie. Tak zwane antropogeniczne, czyli spowodowane przez człowieka, zagrożenia egzystencjalne pojawiły się wraz z udaną próbą pierwszej broni jądrowej na poligonie Trinity w Nowym Meksyku 16 lipca 1945 roku. Bomba atomowa dała nam moc dokonania tego, co w przypadku większości gatunków istniejących przed nami zrobiła selekcja naturalna.

Wojna jądrowa jest jednak tylko pierwszym z antropogenicznych zagrożeń egzystencjalnych; pozostaje perspektywą zabójczą, ale nie przykuwa już tak naszej uwagi. Z każdym mijającym rokiem miliardy ton gazów cieplarnianych wytworzonych przez działalność ludzką trafiają do atmosfery,

przyspieszając zmiany klimatyczne. Z biegiem czasu – i przy odrobinie pecha – globalne ocieplenie może zacząć zagrażać naszemu istnieniu. Jeszcze bardziej przerażające – i trudniejsze zarówno do przewidzenia, jak i do opanowania – są zagrożenia egzystencjalne spowodowane nowymi technologiami, takimi jak biologia syntetyczna lub sztuczna inteligencja, zdolnymi stworzyć niebezpieczeństwa trudne do wyobrażenia, niczym bomby wybuchające, zanim zorientujemy się, że zostały uzbrojone.

Jak duże jest ryzyko? Kanadyjski filozof John Leslie, który pomógł stworzyć dziedzinę badań nad zagrożeniami egzystencjalnymi dzięki swojej książce *The End of the World*, szacował prawdopodobieństwo, że ludzkość wyginie w ciągu następnych pięciu stuleci, na trzydzieści procent [13]. Nieodżałowany Stephen Hawking stwierdził w swojej ostatniej opublikowanej wypowiedzi, że nasz gatunek zbliża się do zagłady. Pisał: „Tak czy inaczej, uważam za niemal nieuniknione, że albo atomowa konfrontacja, albo ekologiczna katastrofa ogołoci Ziemię w ciągu najbliższego tysiąca lat” [14]. Na sympozjum zorganizowanym w 2008 roku przez Instytut Przyszłości Ludzkości (Future of Humanity Institute, FHI) Uniwersytetu Oksfordzkiego – jedną z wielu nowo powstałych grup akademickich badających zagrożenia egzystencjalne – eksperci ocenili, że ogólne ryzyko wymarcia ludzkości przed 2100 rokiem wynosi dziewiętnaście procent [15]. Może i oznacza to, że mamy ponad cztery piąte szans dożyć do XXII wieku, ale jak zauważa specjalista od zagrożeń egzystencjalnych Phil Torres, nawet dziewiętnastoprocentowe ryzyko wymarcia ludzkości w najbliższym stuleciu oznacza dla przeciętnego Amerykanina *tysiąc pięćset* razy większe prawdopodobieństwo, iż zginie w końcu świata niż w katastrofie lotniczej [16].

Martin Rees, astronom królewski Wielkiej Brytanii i współzałożyciel Centrum Badań Zagrożeń Egzystencjalnych (Centre for the Study of Existential Risk, CSER) przy Uniwersytecie w Cambridge, podał w wydanej

w 2003 roku książce, że szanse ludzkości na przeżycie do końca wieku są jak rzut monetą – pół na pół.

– Wystarczy parę osób albo nawet jedna, żeby przez pomyłkę albo celowo wywołać katastrofę o ogromnych, nawet globalnych reperkusjach – powiedział mi, gdy rozmawialiśmy w 2018 roku. – Zwykłem mawiać, że w globalnej wiosce muszą być wioskowe głupki – dodał. – A teraz daliśmy tym głupkom broń.

Rees ma rację, gdy skupia się głównie na ryzyku, że nowe technologie dadzą olbrzymią moc jednostkom i małym grupom o apokaliptycznych zamiarach. Zagrożenie katastrofami planetarnymi, takimi jak asteroidy i superwulkany, które wcześniej niszczyły życie na Ziemi, pozostaje niezmienne. Jednak sam fakt, że *Homo sapiens* przetrwał setki tysięcy lat, daje nam nadzieję, że będziemy mieli szczęście jeszcze do końca tego wieku, może nawet dłużej. Jeden z szacunków ocenia prawdopodobieństwo zagłady ludzkości spowodowanej katastrofą naturalną w następnym stuleciu na 0,15 procent – czyli bardzo mało, choć więcej od zera [17]. Mamy też dostęp do czegoś, czego nie miały dinozaury ani inne dawno wymarłe gatunki – naukowców i inżynierów, zdolnych bronić nas przed niebezpieczeństwami czającymi się nad niebem i pod ziemią, o ile damy im niezbędne środki i uprawnienia.

Jednak te same umysły, które mogą nas ochronić przed naturalnymi zagrożeniami dla istnienia ludzkości, powołały na świat całkiem nowe niebezpieczeństwa – technologiczne. Są one o wiele większe niż wszystko, co mogłaby nam zrobić planeta. Dopiero zaczynamy rozumieć, jak można z tych technologii korzystać i w jaki sposób mogą posłużyć do wyrządzenia szkód. Od istniejących zagrożeń antropogenicznych, takich jak broń jądrowa, odróżnia je to, że przynoszą nie tylko ryzyko, ale również korzyści. Biologia syntetyczna obiecuje możliwość stworzenia nieśmiertelnych

organów, potężnych leków i roślin, którymi wyżywimy coraz gorętszą i gęściej zaludnioną planetę. Sztuczna inteligencja to być może najważniejszy wynalazek w dziejach ludzkości, a nawet ostatni, jakiego kiedykolwiek będziemy potrzebować. Są to technologie „podwójnego przeznaczenia" – te same odkrycia można wykorzystać zarówno w dobrej sprawie, by zwalczać inne zagrożenia egzystencjalne, jak i w złej. Bardzo możliwe, że nie rozpoznamy, które opcje są które, zanim będzie za późno. W dyskusji o końcu świata nie ma prostych odpowiedzi.

W 2017 roku odszedłem z „Time", żeby zacząć pracować nad książką, którą właśnie Państwo czytają. Moim celem było podnieść alarm w sprawie zagrożeń egzystencjalnych stojących przed naszym światem i zadać pytanie, jak możemy im zapobiec. Jednak gdy już zacząłem prowadzić badania i rozmawiać z ekspertami, ten temat pozostawał dla mnie w jakimś sensie nierzeczywisty, odległy, abstrakcyjny. To typowe dla badań zagrożeń egzystencjalnych. Ludzki umysł buntuje się na widok liczb – setki milionów ofiar, miliardy ofiar, kompletna zagłada. Zjawisko to określa się terminem *scope neglect* – „zaniedbanie skali". Jesteśmy psychologicznie niezdolni przejść od małych liczb, typowych dla naszych przeżyć, do olbrzymich, określających masowe unicestwienie. Józef Stalin zapewne nigdy nie wypowiedział przypisywanych mu słów: „Jedna śmierć to tragedia, milion to statystyka", co jednak nie zmienia ich prawdziwości. Traktowałem koniec świata jak statystykę, nie zmieniłem swojego podejścia, które przez tyle lat stosowałem jako reporter piszący o globalnym ociepleniu.

Zmiana przyszła, gdy zacząłem rozumieć najważniejszy fakt na temat zagrożenia egzystencjalnego: nie chodzi o nas. Chodzi o naszych synów, nasze córki, siostrzeńców i siostrzenice, wszystkie te bezimienne miliardy i biliony, które może przyjdą po nich – jeśli nasza historia nie skończy się teraz.

Filozof moralności z Oksfordu Derek Parfit zaproponował eksperyment myślowy. Niech sobie Państwo wyobrażą trzy perspektywy przyszłości. W pierwszej panuje pokój. W drugiej wybuchła wojna jądrowa, w której zginęło dziewięćdziesiąt dziewięć procent ludności, a niedobitki próbują przetrwać. W trzeciej bomby atomowe zabijają sto procent ludności świata – każdego mężczyznę, każdą kobietę, każde dziecko, rodzaj ludzki zostaje doszczętnie wytępiony. Nie trzeba mieć doktoratu z Oksfordu, żeby stwierdzić, iż najlepsza jest ta pierwsza wizja, a ta trzecia – scenariusz zagłady – najgorsza. Większość ludzi instynktownie stwierdzi też, że różnica między pokojem a atomowym holocaustem, z którego ocalał tylko jeden procent ludzkości, jest o wiele większa niż różnica między śmiercią dziewięćdziesięciu dziewięciu procent a zagładą wszystkich. Wystarczy spojrzeć na liczby. Ale Parfit odrzucił ten wniosek. W 1984 roku pisał w *Racjach i osobach*: „Cywilizacja zaczęła się zaledwie kilka tysięcy lat temu. Jeżeli nie zniszczymy ludzkości, te kilka tysięcy lat może być zaledwie małym ułamkiem całej cywilizowanej historii człowieka. Różnica między [wariantami] (2) a (3) może być zatem różnicą między ową maleńką cząstką i całą resztą tej historii” [18].

Jak to mówi slogan obrońców przyrody, wyginąć można tylko raz na zawsze [19]. Prawdziwą grozę końca świata mierzy się nie naszą śmiercią ani śmiercią wszystkich, których znamy i kochamy, nie śmiercią dzieci i wnuków, ale tym, że nie zaistnieje nikt z tych, którzy mieli przyjść po nich, którzy mieli żyć, kochać, podtrzymać nasz gatunek. Urzeczywistnienie zagrożenia egzystencjalnego to śmierć przyszłości.

Fundamentalna moralność każe nam ratować pojedyncze życie za wszelką cenę. Gdyby przed światem stało bezpośrednie egzystencjalne zagrożenie – na przykład gdyby w kierunku Ziemi leciała bardzo duża asteroida – zrobilibyśmy wszystko, co w naszej mocy, wydali wszystkie pienią-

dze, żeby spróbować ocalić mieszkające tu miliardy. Czy nie powinniśmy zatem odczuwać jeszcze potężniejszej motywacji, by ochronić przyszłe pokolenia, których kolej na naszej planecie dopiero przyjdzie (oczywiście jeśli jej najpierw nie zniszczymy albo nie pozwolimy, by została zniszczona przez naszą bezczynność)? Gdy weźmiemy pod uwagę przyszłość – całą przyszłość – stawka naszych obecnych działań staje się niewyobrażalnie olbrzymia. Możemy mieć przed sobą tysiące, dziesiątki tysięcy, nawet miliony lat cywilizacji, ale ta przyszłość zależy od nas, którzy żyjemy w chwili obecnej.

To właśnie czuję, gdy patrzę na zdjęcie swojej nowej rodziny. To przyszłość i przeszłość, które stały się namacalne w jednym momencie. Myślę o niekończącym się łańcuchu wydarzeń, które musiały zajść dawniej, żeby mój syn mógł zaistnieć. I o tym, co dzieje się dziś, żeby urzeczywistniła się cała przyszłość ludzkości. Łańcuch ten mógł się zerwać w dowolnym momencie, czy to przez chorobę, czy katastrofę, czy zwyczajnego pecha. Jeszcze całkiem niedawno na takie zerwanie – gdyby nasz gatunek wymarł, tak jak niezliczone inne przed nim – niewiele moglibyśmy poradzić. Nasi przodkowie nie potrafili odepchnąć asteroidy ani wymyślić szczepionki na morderczą chorobę, ale my potrafimy. Możemy żyć w ostatnich latach dziejów ludzkości – albo zaledwie na początku. Wybór i odpowiedzialność należą do nas.

Na kolejnych stronach przedstawię przegląd zagrożeń egzystencjalnych i wyznaczę drogę do przetrwania. Przyjrzę się zagrożeniu ze strony asteroid i komet, zapoluję z astronomami na obiekty bliskie Ziemi, które mogłyby odebrać nam przyszłość na tej planecie. Zbadam niedoceniane zagrożenie ze strony superwulkanów, które już wielokrotnie niszczyły życie na Ziemi, w tym także superwulkanu pod najstarszym parkiem narodowym w Stanach Zjednoczonych. Pojadę do kolebki zagrożeń antropogenicznych – na poli-

gon Trinity w Nowym Meksyku, na którym zrodziło się straszliwe piękno. Zrelacjonuję od wewnątrz historię konferencji klimatycznych, bezskutecznie próbujących zahamować przerażające tempo globalnego ocieplenia, zapytam, ile właściwie teraźniejszość jest winna przyszłości. Podzielę się przeżyciami z pierwszej globalnej epidemii XXI wieku i wyjaśnię, jakim cudem zwykły wirus może wywołać chaos w połączonym świecie. Spojrzę przez ramię naukowcom odmieniającym życie za pomocą biologii syntetycznej, zapytam, czy powstanie hiperinteligentnej sztucznej inteligencji (SI) powinniśmy przyjąć z optymizmem, lękiem czy ze zwykłym powątpiewaniem. Będę szukał pozaziemskich cywilizacji i wskazówek na temat naszego losu, jakie może podsunąć milczący jak dotąd kosmos. Wyjaśnię wreszcie, w jaki sposób nasz gatunek może przetrwać to, czego nie da się przetrwać, jeśli egzystencjalna katastrofa w końcu nadejdzie.

Postawmy sprawę jasno: jesteśmy w śmiertelnym niebezpieczeństwie. Jednak zagrożenia egzystencjalne, o których mowa na kolejnych stronach niniejszej książki, zmobilizowały oddanych sprawie naukowców i ekspertów, dokładających wszelkich starań, żeby ochronić naszą przyszłość przed końcem świata. Utworzono nowe organizacje, by badały podobne groźby na przecięciu wielu dyscyplin: Instytut Przyszłości Ludzkości na Oksfordzie, Centrum Badań Zagrożeń Egzystencjalnych przy Uniwersytecie w Cambridge, Instytut Przyszłości Życia (Future of Life Institute) w Bostonie. Walka z zagrożeniami egzystencjalnymi nie polega tylko na tym, żeby wymyślić coś, co zatrzyma asteroidę, albo zagwarantować dobrotliwą i pokojową naturę naszych przyszłych robotycznych władców. To praca wymagająca wprowadzenia nowego typu metody naukowej, gotowości do zmagań z niewiadomymi na skalę planetarną i liczbami na poziomie kosmosu. Myśliciele tacy jak Nick Bostrom, Anders Sandberg, Milan Ćirković, Olle Häggström i inni rzucili nowe światło na ostateczny los istot

ludzkich, temat mniej zbadany niż życie skromnego żuka gnojaka, choć przecież tak oczywiście ważny [20]. Ich osiągnięcia zainspirowały powstanie niniejszej książki, będę do nich wielokrotnie wracał na jej kartach.

Jeśli mamy się uratować, musimy myśleć o tym, czego rozum nie ogarnie; nie tylko zrozumieć przyszłość, ale też poczuć jej ciężar. Największe wyzwanie egzystencjalne, jakie stoi przed nami, należy nie do sfer techniki ani polityki, a do sfery myślenia. Musimy wierzyć, że koniec świata może nadejść, a jednocześnie wierzyć, że możemy coś z tym zrobić. Ale jak dotąd wychodzi nam to słabo.

„The Bulletin of the Atomic Scientists" (BAS) to czasopismo akademickie założone po II wojnie światowej przez kilku współtwórców bomby atomowej. W 1947 roku zadanie stworzenia okładki jego pierwszego numeru powierzono rysowniczce Martyl Langsdorf. Jej strach przed tą nową bronią znalazł wyraz w jednym z najbardziej rozpoznawalnych symboli zimnej wojny – zegarze zagłady, którego wskazówki zbliżają się do północy.

Od 1947 roku autorzy BAS przesuwali wskazówki zegara, by pokazać – w uproszczony, ale skuteczny sposób – jak bliski może być koniec świata. W 1949 roku przesunęły się na trzy minuty do północy w odpowiedzi na pierwszy udany test bomby atomowej w Związku Radzieckim, od którego rozpoczął się atomowy wyścig zbrojeń. Gdy Waszyngton i Moskwa podpisały w 1963 roku układ o zakazie prób broni nuklearnej w atmosferze, w przestrzeni kosmicznej i pod wodą, wskazówki cofnęły się do za dwanaście dwunasta. O ile przez pierwsze dziesięciolecia swojego istnienia zegar opisywał wyłącznie zagrożenie atomowym holocaustem, o tyle nie przestał mierzyć czasu po zakończeniu zimnej wojny, dziś zaś uwzględnia też nowe zagrożenia ze strony zmian klimatu i technologii. Zegar zagłady to najbliższy odpowiednik termometru ryzyka egzystencjalnego, jaki jest obecnie dostępny.

Jesienią każdego roku Komitet do spraw Nauki i Bezpieczeństwa BAS – grupa wybitnych naukowców i specjalistów od obronności – spotyka się, by zadać pytanie: czy ludzkość jest w tym roku bezpieczniejsza niż w ubiegłym, czy przeciwnie? I czy jest bezpieczniejsza w porównaniu z historycznymi wskazaniami zegara, czy też nie? Zegar jest symbolem bardzo nieprecyzyjnym – opisuje ryzyko egzystencjalne za pomocą sześćdziesięciu interwałów – ale jego ponurej skuteczności nie da się nie podważyć. Właśnie dlatego jeden z pierwszych wyjazdów podczas pracy nad książką zaprowadził mnie do Waszyngtonu, gdzie 25 stycznia 2018 roku byłem świadkiem, jak redakcja BAS przedstawia w National Press Clubie nowe wskazanie zegara zagłady. Nie było rozczarowań.

– Nasza ocena jest bardzo złowroga – ogłosiła światu Rachel Bronson, przewodnicząca i prezes „The Bulletin of the Atomic Scientists". – Jesteśmy dziś dwie minuty przed północą.

Tylko w 1953 roku, po tym, jak USA i ZSRR zdetonowały pierwsze bomby wodorowe – narzędzia masowej zagłady o wiele potężniejsze od atomowych bomb zrzuconych na Hirosimę i Nagasaki – zegar był równie blisko pełnej godziny. Budowa muru berlińskiego, kryzys kubański, wojna w Wietnamie – nic z tego nie było równie wielkim zagrożeniem dla dalszego istnienia rodzaju ludzkiego, jak wydarzenia 2017 roku, przynajmniej zdaniem wskazówek na okładce BAS. Eksperci „The Bulletin of the Atomic Scientists" powoływali się na wiele czynników: atomowy przełom w Korei Północnej, niepewność co do dalszych losów porozumienia nuklearnego z Iranem, plany wycofania się Stanów Zjednoczonych z paryskiego porozumienia klimatycznego, rozprzestrzenienie się hakowania, wreszcie nieprzewidywalnego prezydenta Donalda Trumpa. Ważniejsze jednak od przyczyn przesunięcia zegara – w końcu ze wszystkimi można się spierać – jest to, jak niewiele zostało czasu.

– Żyjemy w groźnych, niebezpiecznych czasach – powiedziała mi Bronson po odsłonięciu zegara. – To nie jest zimna wojna, jaką pamiętają pana rodzice.

Gdyby to był film, Bronson i jej koledzy ogłaszaliby swoje alarmujące wieści tłumowi dziennikarzy w stolicy kraju. Kanały informacyjne przerwałyby program, żeby pokazać konferencję na żywo, a redakcje gazet zaczęłyby odkurzać czcionki do wojennych nagłówków. Zegar zagłady opisuje los całej ludzkości, wszystkich siedmiu i pół miliarda z nas, a także tych, którzy dopiero mogą zaistnieć. Nic na świecie nie powinno być ważniejsze.

A jednak tamtego styczniowego poranka w Loży imienia Pierwszej Poprawki w National Press Clubie była ze mną na widowni tylko garstka przedstawicieli prasy, padło też jedynie kilka pytań. Media nie przemilczały nowego zegara – w końcu strach dobrze się sprzedaje – jednak dla większości stacji i redakcji był to tylko jeszcze jeden news z pogrążającego się w szaleństwie świata, natychmiast przyćmiony następnym doniesieniem, kolejnym skandalem.

Gdy wychodziłem tego ranka z Press Clubu, już w recepcji widziałem, jak zaczynają o tym zapominać. Na ekranach wiszących tam telewizorów leciały programy stacji informacyjnych. W centrum uwagi było to, jak poradzi sobie Trump na Światowym Forum Ekonomicznym w Davos w Szwajcarii, że popyt na iPhone’y spada, co nowego w sondażach przedwyborczych. Na jednym z ekranów dziewięćdziesięcioczteroletni Henry Kissinger, duch z czasów, gdy poprzednim razem groziła nam zagłada, próbował wychrypieć zeznania przed senacką komisją do spraw sił zbrojnych. Zegar tykał – nasz zegar, mierzący nasz czas. Nikogo to nie obchodziło.

A musi obchodzić. Nie możemy poddać się apatii, tak samo jak nie może nami zawładnąć panika ani rozpacz. Stoją przed nami olbrzymie wyzwania, z których tak wiele sami sobie zgotowaliśmy. Jesteśmy jednak w stanie je

pokonać, dla dobra własnego i przyszłych pokoleń. Wiem, o jaki świat walczę. Mogę mu spojrzeć w oczy. Wszyscy razem możemy zaś zacząć walczyć – najpierw spoglądając w niebo.

1

Asteroida

Wszechświat próbuje nas zabić

Niniejsza książka omawia temat zagłady ludzkości, nie można jednak do niego podejść, nie rozważywszy najpierw wyginięcia innej grupy zwierząt, których władza nad światem też wydawała się kiedyś niezagrożona – dinozaurów. Dinozaury istniały na świecie przez sto osiemdziesiąt milionów lat [1], setki razy dłużej niż *Homo sapiens*, a potem spotkał je nagły i straszliwy koniec. Dla nas ważne jest nie tylko to, że wymarły, ale także to, jak do tego doszło. Skamieliny są kroniką katastrofy, w której być może czytamy o własnej przyszłości.

Około sześćdziesięciu sześciu milionów lat temu, w okresie, który dziś nazywamy późną kredą, orbita pewnej asteroidy przecięła się z torem Ziemi. Asteroidy wcale nie są rzadkością – wraz z naszą planetą krążą wokół Słońca setki tysięcy tych skalnych i metalowych brył, pozostałych z czasów młodości Układu Słonecznego. Ta, o której mówimy, liczyła dziesięć kilometrów średnicy, była więc nadzwyczaj duża, wciąż jednak malutka w porównaniu z naszą planetą – jak szklana kulka do gry obok piłki plażowej. Gdy jednak zetknęła się z Ziemią, przeleciała przez jej atmosferę pod bardzo ostrym kątem, niczym olimpijczyk skaczący do wody, i uderzyła w tereny dzisiejszego Meksyku z prędkością niemal dwudziestu kilometrów na sekundę – dwadzieścia razy szybciej od wystrzelonej kuli karabinowej [2]. Jej tarcie o atmosferę rozgrzało powietrze, zmieniając je

w błękitną rozpaloną plazmę [3]. Trzeba było zaledwie dwudziestu sekund, by skała rozbiła się o powierzchnię morza.

Ocean w punkcie uderzenia był płytki. Po przebiciu powierzchni asteroida przeszła też przez dno i skorupę ziemską, zagrzebując się w rozgrzane do czerwoności strumienie podziemnej magmy. Energia wyzwolonej przy tym eksplozji była równa detonacji stu milionów ton trotylu, ponad sześć i pół tysiąca razy potężniejsza niż bomba atomowa zrzucona na Hirosimę. Sąsiednie wybrzeża zalało megatsunami. Ponad tysiąc metrów sześciennych skał natychmiast wyparowało i zostało wyrzucone w powietrze, wyrywając dziurę w atmosferze planety. Część tego gruzu skondensowała się następnie w kulki wielkości ziarnka piasku, zwane sferulami. Na każdy centymetr sześcienny powierzchni Ziemi spadło ich przeszło półtora tysiąca. Ciepło wypromieniowywane przez rozgrzane powietrze wywołało pożary na całym świecie, wypalając większość albo całość biomasy na lądzie. Dziesięć centymetrów oceanów na Ziemi rozgrzało się do wrzenia.

– Po uderzeniu asteroidy wszystko na powierzchni zaczęło płonąć jak w piecu z włączonym opiekaczem – powiedział mi Brian Troon, badacz atmosfery z Uniwersytetu Kolorado w Boulder, który poświęcił wiele lat na studiowanie następstw tej wielkiej kolizji. – Dinozaury upiekły się żywcem.

Dinozaury padły ofiarą przede wszystkim katastroficznego pecha. Jak za chwilę zobaczymy, różne obiekty z kosmosu uderzają w Ziemię niemal bez przerwy, jednak ryzyko, że trafi nas coś o rozmiarach asteroidy Chicxulub – która otrzymała nazwę współczesnego meksykańskiego miasteczka położonego obok olbrzymiego podwodnego krateru pozostawionego przez jej uderzenie – jest mikroskopijne. To był pierwszy pechowy moment. Możliwe, że nawet skała o tak wielkich rozmiarach nie wytępiłaby dinozaurów, gdyby nie uderzyła dokładnie w tym punkcie. Na dnie morza w miejscu upadku znajdowało się wyjątkowo dużo siarki, której kropelki uniosły się

w powietrze wraz z obłokiem pyłów wyniesionym przez asteroidę. Siarka odbija światło słoneczne, więc chmura pyłu, siarki oraz olbrzymich ilości sadzy nie pozwoliła Słońcu na ogrzanie Ziemi. Temperatura na powierzchni planety gwałtownie spadła, potencjalnie nawet o dwadzieścia siedem stopni Celsjusza na lądzie i dwadzieścia nad oceanem. Przez długi czas po upadku asteroidy – może nawet dwa lata – ciemność była tak zupełna, że rośliny właściwie straciły zdolność do fotosyntezy, do jedzenia pozostało więc tylko to, co już leżało na ziemi i pod powierzchnią wód.

– Poziom nasłonecznienia spadł na parę lat poniżej jednego procenta – mówi Troon. – W tak ekstremalnej sytuacji zwierzęta i rośliny nie mogą tego niczym zrekompensować.

To był drugi pech – i ostatni, jaki przydarzył się dinozaurom. Chociaż uderzenie asteroidy samo w sobie z pewnością było straszliwe, zwłaszcza w okolicach punktu kolizji, prawdziwą przyczyną zagłady dinozaurów oraz około trzech czwartych zwierząt i roślin żyjących wówczas na Ziemi był globalny brak światła słonecznego, a przez to pokarmu. Niszczycielskie przemiany środowiskowe zaszły szybciej, niż żywe stworzenia były w stanie się do nich przystosowywać, i zgładziły wszystko, co nie mogło się schować w norach. Gdyby obiekt podobnych rozmiarów uderzył w naszą planetę dzisiaj, najprawdopodobniej też zginęlibyśmy właśnie od tego – chyba że bylibyśmy dość zmyślni, by się uratować.

Opowieść o asteroidzie, która zabiła dinozaury, tak głęboko zagnieździła się w naszej wyobraźni jako symbol naturalnej apokalipsy, że bardzo łatwo zapomnieć, jak niedawno pojawiła się ta teoria. Asteroidę przecinającą orbitę Ziemi po raz pierwszy zaobserwowano w 1932 roku, a gdy Neil Armstrong i Buzz Aldrin chodzili po powierzchni Księżyca w 1969 roku, naukowcy dopiero zaczynali rozumieć, że kratery na powierzchni naszego satelity to ślady uderzeń kosmicznych skał.

Na Ziemi geolodzy wciąż trzymali się kurczowo teorii uniformitarianizmu. Brzmi to jak nazwa mało znanego odłamu protestantyzmu, chodzi jednak o założenie, że widziane dzisiaj struktury geologiczne – oceany, kratery, góry – powstały w wyniku ciągłych, stopniowych procesów takich jak erozja. Podobnie myślano o wymieraniu – zdaniem większości ówczesnych naukowców odbywało się ono stopniowo, a nie nagle i masowo. Dopiero w 1980 roku fizyk Luis Alvarez i jego syn geolog Walter Alvarez opublikowali wyniki badań dowodzących, iż glina w skałach osadowych z końca kredy zawiera niezwykle wysokie stężenie irydu, pierwiastka spotykanego znacznie częściej w asteroidach niż w skorupie ziemskiej. Iryd był jak odcisk palca podejrzanego na narzędziu zbrodni. Alvarezowie wyciągnęli wniosek, że przyczyną wyginięcia dinozaurów było uderzenie olbrzymiej asteroidy lub komety [4].

Chociaż niektórzy wciąż uważają, że głównym powodem zagłady wielkich gadów były olbrzymie erupcje wulkaniczne – czemu przyjrzymy się w następnym rozdziale – teoria o asteroidzie została zaakceptowana przez większość naukowców, zwłaszcza po przebadaniu podwodnej części krateru Chicxulub w 2001 roku [5]. Badania Alvarezów pozwoliły też odrzucić uniformitarianizm – naukowcy zrozumieli, że obok powolnych, powszednich procesów geologicznych Ziemia bywała też kompletnie przekształcana przez nagłe katastrofy, stąd nazwa nowej teorii katastrofizmu. Skoro zaś jakaś katastrofa przydarzyła się raz, może się przecież powtórzyć.

Dinozaury są ikoną kompletnego wyginięcia, a ich niszczycielka stała się symbolem wszechświata, który – cytując astrofizyka Neila deGrasse’a Tysona – „próbuje nas zabić” [6]. W odróżnieniu od części pozostałych naturalnych zagrożeń egzystencjalnych, o których mowa w tej książce, asteroidy pewnie będziemy w stanie przewidzieć, co czyni je tylko jeszcze bardziej złowrogimi, choć sam kataklizm potrwałby zaledwie

moment. Nic dziwnego, że kosmiczne skały stały się ulubionym naturalnym zabójcą Hollywoodu. Wprawdzie to tylko bryły kamienia i metalu, jednak z natury rzeczy doskonale pasują do filmowych fabuł.

Wyróżnia je coś jeszcze. W przeciwieństwie do większości zagrożeń egzystencjalnych – zwłaszcza naturalnych – potrafimy się przed nimi obronić. Astronomowie są w stanie wykryć asteroidy, które mogłyby przeciąć orbitę Ziemi – nazywamy je obiektami bliskimi Ziemi – i wytyczyć ich trasę na lata, a nawet dziesięciolecia przed potencjalną kolizją. Jeśli zaś któraś z nich rzeczywiście stałaby się zagrożeniem, w teorii wiemy, jak zmienić jej tor, nim zagrozi życiu na naszej planecie. Jak powiedział mi Tom Jones, doświadczony astronauta z NASA, który w pracy akademickiej zajmował się wykrywaniem asteroid:

– Uczymy się zmieniać to, jak działa Układ Słoneczny, by ochronić nasz gatunek.

Sześćdziesiąt sześć milionów lat temu, gdy asteroida z Chicxulub leciała wytępić dinozaury, mogły one tylko wyginąć. Gdyby obiekt bliski Ziemi o podobnych rozmiarach uderzył ponownie w czasach dominacji naszego gatunku, też bylibyśmy bezradni – aż do dziś. Potrafimy już zmienić mechanikę sfer niebieskich, by zadbać o swoje bezpieczeństwo i przyszłość. Jesteśmy w stanie ocalić świat – przynajmniej od tego zagrożenia – jeśli zaczniemy działać już teraz.

Ludzkość po raz pierwszy mogła odczuć zagrożenie ze strony obiektów bliskich Ziemi 24 marca 1993 roku, gdy troje astronomów z obserwatorium Palomar pod Los Angeles odkryło kometę na kursie kolizyjnym z naszą planetą. Tamtej nocy w górach południowej Kalifornii wiał silny wiatr, a burzowe chmury utrudniały obserwację nieba. Geolog Eugene Shoemaker, jego żona Carolyn, pracująca jako astronom, i ich kolega David Levy prowadzili wieloletnią obserwację obiektów bliskich Ziemi – drobiazgowe

poszukiwania asteroid, komet i wszystkiego innego, co byli w stanie znaleźć w naszym Układzie Słonecznym. Ich szanse na wypatrzenie czegokolwiek były raczej marne – najlepsze warunki na obserwację są przy bezchmurnym niebie i bezwietrznej pogodzie, czego nie dało się powiedzieć o 24 marca [7]. Nawet dziś, gdy mamy do dyspozycji aparaty cyfrowe i oprogramowanie śledzące ruch, odkrywanie i katalogowanie asteroid jest w równym stopniu nauką co sztuką, wymagającą zresztą wielkiej drobiazgowości. Na początku lat dziewięćdziesiątych w użyciu wciąż były klisze analogowe. Poszukiwacze asteroid wymierzali teleskopy w jakąś część nieba, a następnie fotografowali ją z wielominutowym czasem naświetlania. Potem porównywali otrzymane obrazy w nadziei odnalezienia jakiegoś ciała niebieskiego poruszającego się na tle gwiazd i planet. Zła pogoda nie była ostatnią przeszkodą – kilka dni wcześniej Shoemakerowie i Levy zorientowali się, że ich bardzo czuły, drogi film fotograficzny, kosztujący niemal cztery dolary za klatkę, przypadkiem został narażony na działanie światła. Do użytku nadawał się tylko środek każdej kliszy. Czy w ogóle był sens marnować drogocenne resztki dobrego filmu w tak pochmurną noc?

Eugene Shoemaker – lepiej znany jako Gene – stał się legendą w kręgach poszukiwaczy asteroid. Jako jeden z pierwszych naukowców stwierdził, że kratery obecne w wielu miejscach Ziemi są dowodem na zderzenia naszej planety z asteroidami i kometami [8]. Nawet Gene, znany z wytrwałości, skłaniał się w obliczu fatalnej pogody i kosztu filmu do przerwania prac. Levy powiedział jednak, że równie dobrze mogą zużyć uszkodzone klisze – jeśli warunki się nie poprawią, to przynajmniej nie zmarnują nienaświetlonego filmu. Gene w końcu dał się przekonać. Zanim zrobiło się zbyt pochmurno, by kontynuować obserwację, Levy sfotografował trzy części nieba, które ekipa miała nadzieję porównać do wcześniejszych zdjęć [9].

Po wywołaniu klisz Carolyn zaczęła je drobiazgowo badać – po dwie naraz – pod stereomikroskopem, dzięki któremu każdy ruchomy element obrazu taki jak asteroida wydawał się wyżej niż gwiazdy w tle. Historia Carolyn jest wyjątkowo inspirująca. Nim została astronomem, przez wiele lat była żoną i gospodynią domową Gene'a. W wieku pięćdziesięciu jeden lat spędzała noce, szukając asteroid w obserwatoriach Palomar i Uniwersytetu Północnej Arizony. Gdy następnego dnia oglądała kolejną parę zdjęć, dostrzegła coś kilka stopni od Jowisza.

– Nie wiem, co to jest – powiedziała Gene'owi i Levy'emu – ale wygląda jak zgnieciona kometa.

W toku swojej kariery Carolyn Shoemaker odkryła ponad pięćset asteroid i trzydzieści dwie komety [10]. Żadna z nich nie była jednak równie ważna, jak obiekt, który wypatrzyła tego wieczoru. Gene i Levy rzeczywiście sfotografowali, a Carolyn rzeczywiście wypatrzyła kometę – później nazwaną Shoemaker–Levy 9, ponieważ była dziewiątą odkrytą przez ich zespół. Wydawała się zgnieciona, rozbiły ją bowiem na części siły działające w polu grawitacyjnym Jowisza, kiedy mijała go w 1992 roku. Nawet rozbita na kawałki kometa pozostaje jednak niebezpieczna, a resztki Shoemaker–Levy 9 były właśnie na kursie kolizyjnym z największą planetą naszego Układu Słonecznego.

16 lipca 1994 roku, obserwowane przez teleskopy całego świata oraz sondy Galileo, przelatującej wówczas ponad dwieście czterdzieści milionów kilometrów od Jowisza, czołowe fragmenty Shoemaker–Levy 9 zaczęły uderzać o powierzchnię gazowego olbrzyma [11]. Był to pierwszy raz, gdy astronomowie mogli bezpośrednio obserwować zderzenie dwóch obiektów pozaziemskich w naszym Układzie Słonecznym. Widowisko zdecydowanie ich nie rozczarowało. Większość fragmentów komety miała średnicę przynajmniej dwóch kilometrów i podróżowała z prędkością dwu-

stu tysięcy kilometrów na godzinę – to wystarczająco, by przelecieć nad kontynentalną częścią Stanów Zjednoczonych w nieco ponad minutę. Jeden z fragmentów Shoemaker–Levy 9 uderzył w Jowisza z siłą równą eksplozji sześciu milionów megaton trotylu, setki razy większą niż łączna moc wszystkich atomowych arsenałów świata u szczytu ich wielkości [12]. Kolizje tworzyły kule ognia o wysokości niemal trzech tysięcy kilometrów – to więcej niż trzysta Mount Everestów – z płomieniami o temperaturze nawet dwudziestu czterech tysięcy stopni Kelvina [13]. Wielkie ciemne ślady zderzenia miały średnicę do dwunastu tysięcy kilometrów, można było je dostrzec z Ziemi nawet za pomocą dziecinnego teleskopu [14].

Zderzenie Shoemaker–Levy 9 z Jowiszem było dla astronomów bezprecedensowym pokazem kosmicznych fajerwerków o mocy tak wielkiej, że trwale przechyliły cieniutkie pierścienie planety niczym kask futbolisty przetrącony przez niespodziewany atak przeciwnika [15]. Gdy czterokilometrowy fragment uderzył w planetę, eksplodował z jasnością, która oślepiła wiele działających w podczerwieni teleskopów obserwujących zdarzenie. A jednak gdyby Carolyn Shoemaker nie zauważyła „zgniecionej komety” – albo gdyby David Levy nie przekonał reszty zespołu, żeby pracowali w tę chłodną, pochmurną noc – naukowcy być może w ogóle nie zauważyliby tej kolizji.

Shoemaker–Levy 9 to jednak nie tylko naukowy przełom. Jowisz jest największą planetą Układu Słonecznego, tak wielką, że można by w niej zmieścić Ziemię tysiąc trzysta razy i jeszcze mieć trochę luzu. Jeśli w ogóle mamy w naszej okolicy ciało tego rodzaju zdolne po prostu przyjąć bez szkód uderzenie komety, byłby to właśnie on. Przed zderzeniem naukowcy zastanawiali się, czy Shoemaker–Levy 9 nie zniknie po prostu w odmętach gazowego olbrzyma. A jednak jeszcze kilka miesięcy później blizny pozostawione przez kometę były widoczne bardziej niż nawet tak zwana wielka

czerwona plama – olbrzymi cyklon w atmosferze planety, dwa razy większy od Ziemi. Wyobraźmy sobie scenę w filmie, w której nowy więzień wszczyna bójkę z największym, najgroźniejszym skazańcem w całym więzieniu i spuszcza mu kompletny łomot. Jeśli kosmiczne zderzenie mogło wyrządzić takie szkody Jowiszowi, to co dopiero naszej małej błękitnej planecie! Nagle Układ Słoneczny zdał się znacznie bardziej niebezpiecznym miejscem.

Ekspertów przejętych zagrożeniem ze strony obiektów bliskich Ziemi zaczęło przybywać jeszcze przed odkryciem Shoemaker–Levy 9, po publikacji odkryć Alvarezów oraz gdy w 1989 roku osiemsetmetrowa asteroida przeleciała w odległości zaledwie ośmiuset tysięcy kilometrów od naszej planety [16]. W 1990 roku amerykański Kongres zawarł w uchwale o budżecie NASA nakaz, by agencja przygotowała raport na temat obiektów bliskich Ziemi oraz metod ich śledzenia i powstrzymywania. Gdy jednak kilka miesięcy później wiceprezydent Dan Quayle poparł pomysł zakupu przez rząd federalny teleskopów na potrzeby obserwacji potencjalnie niebezpiecznych asteroid – oraz niszczenia ich za pomocą zmodyfikowanej wersji zaprojektowanego do zestrzeliwania rakiet balistycznych Systemu Obrony Strategicznej – stało się to nie częścią polityki państwowej, tylko puentą dowcipów [17]. Myśl o obronie planetarnej prześladował „*giggle factor*” [18] – ten zupełnie naukowy temat wydawał się zwyczajnie śmieszny i nie traktowano go poważnie. Shoemaker–Levy 9 zadziałała jak lekcja poglądowa, dzięki której udało się to zmienić.

– Uświadomiliśmy sobie nagle, że uderzenia asteroid wpływały na ewolucję życia na Ziemi – powiedział Steve Larson, badacz uczestniczący w programie Catalina Sky Survey przy Uniwersytecie Arizony, jednym z pierwszych przedsięwzięć naukowych skupiających się na poszukiwaniu obiektów bliskich Ziemi.

Nawet Hollywood, któremu po zakończeniu zimnej wojny brakowało scenariuszy katastrofy na skalę planetarną, wziął się do działania. Dwa filmy o próbach powstrzymania zderzenia, które spowodowałoby zagładę ludzkości, ukazały się w kinach latem 1998 roku, w odstępie zaledwie dwóch miesięcy. *Dzień zagłady* – przypominam, bo całkiem prawdopodobne, że wyparli go państwo z pamięci – opowiada o zderzeniu z kometą, a w napisach podano, że Gene i Carolyn Shoemakerowie pracowali przy nim jako konsultanci. *Armageddon* to film z Benem Affleckiem i Bruce'em Willisem, którzy grają specjalistów od odwiertów naftowych zwerbowanych przez NASA, by wywiercili dziurę w nadlatującej asteroidzie, a potem zdetonowali w jej środku bombę atomową. Tak bardzo zniesmaczył krytykę, że reżyser Michael Bay – dla którego robienie filmów odrzucanych przez krytyków to chleb powszedni – piętnaście lat później przeprosił za to, że go stworzył [19] (w komentarzach do wersji DVD Affleck roztropnie zauważa, że najprawdopodobniej łatwiej przeszkolić astronautów w prowadzeniu odwiertów naftowych niż *vice versa*). Obraz i tak zarobił pięćset pięćdziesiąt trzy miliony dolarów – *Dzień zagłady* tylko trzysta czterdzieści dziewięć milionów. Oba filmy widziałem w kinie.

W tym samym roku, w którym trafiły na ekrany, NASA powołała program badań obiektów bliskich Ziemi i w myśl poleceń Kongresu drastycznie zwiększyła swój udział w projekcie Spaceguard Survey, którego założeniem było w ciągu dziesięciu lat odkryć i zacząć śledzić przynajmniej dziewięćdziesiąt procent potencjalnie niebezpiecznych obiektów bliskich Ziemi o średnicy powyżej kilometra. Uderzenie czegoś równie dużego mogłoby spowodować zniszczenia na skalę kontynentalną albo nawet planetarną. W dziedzinie, w której przekroczenia budżetu i opóźnienia są normą, NASA niemal udało się osiągnąć ten cel na czas – ostatecznie potrwało to do 2010 roku. Ponieważ ruchy ciał niebieskich są przewidywalne, jeśli

mamy dość danych, naukowcy mogą prognozować, jakie orbity przyjmą zidentyfikowane asteroidy w ciągu następnych dziesięcioleci, i określić, czy istnieje ryzyko, że zderzą się w tym czasie z Ziemią.

Wyniki badania przyniosły wszystkim ulgę. Członkowie Spaceguard oraz współpracujący z projektem astronomowie z całego świata pozwolili nam z całą pewnością stwierdzić, że naszej cywilizacji nie grozi zagłada ze strony asteroidy w stylu *Armageddonu*, przynajmniej w przewidywalnej przyszłości. Nie powinniśmy jednak spocząć na laurach. Chociaż NASA namierzyła niemal wszystkie większe obiekty bliskie Ziemi – jest ich prawie dwa tysiące [20] – w 2005 roku Kongres nakazał odnalezienie do 2020 roku przynajmniej dziewięćdziesięciu procent niebezpiecznych ciał, większych niż sto czterdzieści metrów, co okazało się znacznie trudniejsze. Zderzenie z małą asteroidą raczej nie zagraża cywilizacji, ale z łatwością może zniszczyć miasto, a nawet większą powierzchnię. Całkiem przy tym prawdopodobne, że nawet jej nie zobaczymy, nim będzie o wiele za późno, by zmienić jej tor albo chociaż ewakuować mieszkańców strefy zagrożenia.

– To jedyne naturalne zagrożenie, które da się przewidzieć i powstrzymać – mówi Clemens Rumpf, badacz z Uniwersytetu Southampton zajmujący się uderzeniami asteroid. – Ale musimy wiedzieć, że asteroida się zbliża.

Żeby tak się stało, musimy zwiększyć o miliony dolarów wydatki na obronę planety. Częścią takiego przedsięwzięcia musi być misja próbnego śledzenia i zmiany toru asteroidy w przestrzeni kosmicznej. Dzięki temu zyskalibyśmy pewność, że w sytuacji, gdy konieczne będzie uratowanie Ziemi, przynajmniej mamy za sobą jazdę próbną. Koszt byłby większy niż środki obecnie przeznaczane rocznie przez NASA na obronę planetarną, wynoszące około sześćdziesięciu milionów dolarów [21], jednak w sprawach zagrożeń egzystencjalnych warto wydać więcej, by zmniejszyć nawet mini-

malne ryzyko dla planety. Największym problemem jest nie to, ile możemy wydać, ale co potrafimy sobie wyobrazić.

– Nie ma technicznych przeszkód powstrzymujących nas przed bronieniem się – mówi Franck Marchis, starszy astronom planetarny i ekspert od asteroid w Instytucie SETI w Dolinie Krzemowej. – Wiemy, jak się bronić. Po prostu nigdy nie próbowaliśmy.

Żeby zrozumieć zagrożenie ze strony obiektów bliskich Ziemi, musimy najpierw zrozumieć, czym są i skąd się wzięły. Nasz Układ Słoneczny powstał około 4,6 miliarda lat temu, gdy z chmury gazu i pyłu zwanej mgławicą przedsłoneczną powstało Słońce. W ciągu stu milionów lat masa, która pozostała po powstaniu gwiazdy, zaczęła łączyć się w bryły. Planety, w tym nasza, powstały w wyniku procesu gromadzenia się tego pyłu, niczym zamki z piasku budowane ziarnko po ziarnku.

W swojej młodości Ziemia była dziką planetą, która przeżyła deszcz asteroid i uderzenia komet. Niedługo po jej powstaniu zderzyło się z nią ciało niebieskie o rozmiarach Marsa, wyrzucając miliardy kawałków skał i stopionej lawy w kosmos. Część z nich po pewnym czasie wystygła i utworzyła kulę, która stała się naszym Księżycem [22]. To było jednak tylko jedno z wielkich uderzeń – od 4,5 do 3,9 miliarda lat temu Ziemię, Księżyc i wiele innych planet Układu Słonecznego raz po raz trafiały kosmiczne skały. Okres ten nazywa się wielkim bombardowaniem. Na podstawie dowodów widocznych na powierzchni Księżyca – gdzie nie ma wody ani powietrza, które mogłyby spowodować erozję pustych kraterów – można sądzić, że o Ziemię uderzyło ponad dwadzieścia tysięcy asteroid lub komet, pozostawiających kratery o średnicy od dziesięciu do stu kilometrów [23]. Jak pisze w swojej książce *Apocalyptic Planet* Craig Childs, wielkie bombardowanie było „tym, do czego porównuje się wszystko inne, apokalipsą niema-

jącą porównania w dziejach Ziemi” [24]. Wśród zniszczenia wciąż trwało jednak tworzenie. Część komet mogła przynieść na jałową Ziemię wodę, a także oparte na węglu cząsteczki, które leżą u podstawy życia. Choć w przyszłości asteroidy i komety mogą stanowić olbrzymie zagrożenie, może bez nich nigdy by nas nie było.

Nawet gdy Układ Słoneczny w końcu się ustatkował i wszedł w spokojny wiek średni, w kosmosie wciąż pozostały miliony skalnych i metalowych brył, unoszące się w próżni niczym puzzle, na które zabrakło miejsca w układance. To właśnie asteroidy i komety. Komety składają się ze skał, zamarzniętych gazów i lodu – ich charakterystyczne ogony powstają wówczas, gdy pod wpływem Słońca część lecącej komety sublimuje i uwalnia cząstki pyłu, które potem się za nią ciągną. Pochodzą z pasa Kuipera i obłoku Oorta, znajdujących się na rubieżach Układu Słonecznego. Asteroidy natomiast najczęściej są skalne lub metaliczne i jak nietrudno się domyślić, najczęściej znajdują się w tak zwanym pasie asteroid między Marsem a Jowiszem. Choć w filmach – na przykład *Imperium kontratakuje* – pasy asteroid są tak gęste, że szanse na przelecenie przez nie wynoszą (według C-3PO) trzy tysiące siedemset dwadzieścia do jednego, w rzeczywistości asteroidy są rozrzucone na tyle daleko od siebie, że – jak zauważa planetolożka Carrie Nugent w swojej cudownej książce *Asteroid Hunters*, prawdopodobieństwo to wynosi raczej niemal jeden do jednego [25]. Gdyby wziąć wszystkie asteroidy między orbitami Marsa i Jowisza, a potem zbić je w jedną bryłę, miałaby mniej niż cztery procent masy Księżyca [26].

Od czasu do czasu grawitacyjny wpływ Jowisza albo Marsa wypycha asteroidy z głównego pasa niczym duże dziecko spychające mniejsze z karuzeli. Takie skały z reguły całkiem wypadają z Układu Słonecznego albo zostają pochłonięte przez Słońce, niekiedy jednak po prostu zmieniają orbitę na przebiegającą dostatecznie blisko naszej planety, by zakwalifiko-

wać je jako obiekty bliskie – to znaczy mniej niż czterdzieści osiem milionów kilometrów od orbity ziemskiej. To odległość mniej więcej sto dwadzieścia pięć razy większa niż dystans między Ziemią a Księżycem. Obiektem potencjalnie niebezpiecznym – takim, którego musimy się wystrzegać – jest każdy zdolny przetrwać przelot przez naszą atmosferę, czyli mający przynajmniej trzydzieści metrów szerokości, oraz podróżujący po orbicie zdolnej ściągnąć go na odległość mniejszą niż osiem milionów kilometrów od Ziemi [27].

To, jak rzadko zauważamy uderzenia asteroid, to po części przypomnienie, jak pusty jest kosmos – według jednego z szacunków tylko 0,00000000000000000042 procent przestrzeni we wszechświecie zawiera jakąkolwiek materię [28]. W rzeczywistości jednak jesteśmy bombardowani niemal bezustannie, choć głównie kosmicznym odpowiednikiem kulek do wiatrówki. Każdego dnia na Ziemię spada około stu ton pyłu i cząstek wielkości ziarnka piasku [29]; jeśli dostatecznie uważnie przyglądać się nocnemu niebu, można dostrzec te większe, gdy na moment rozbłyskują, spalając się w atmosferze – nazywamy je potocznie spadającymi gwiazdami. Rozmiar i liczba asteroid w Układzie Słonecznym przestrzegają prawa potęgowego, to znaczy małych asteroid jest o wiele więcej niż dużych. Właśnie dlatego łatwiej przyszło NASA namierzyć obiekty większe od kilometra niż te większe od stu czterdziestu metrów – są nie tylko obszerniejsze, przez co łatwiej je zauważyć, ale też znacznie rzadsze, nie ma więc ich tyle do odszukania.

Angielski astronom Edmond Halley – ten od komety – już w XVII wieku teoretyzował, że ich uderzenia mogłyby wytworzyć kratery na powierzchni Ziemi [30], jednak pierwszy obiekt bliski Ziemi odkryto dopiero w 1898 roku [31]. Astronomowie przez lata uważali asteroidy – ukazujące się jako smugi na zdjęciach robionych przez teleskopy, rozmyte jak każdy

ruchomy obiekt na każdej fotografii – za raczej denerwujące, a nie intrygujące. Szukali rzeczy ciekawych – planet, księżyców, gwiazd, znacznie rzadszych niż to, co na pozór było marginesem Układu Słonecznego. Nugent pisze w swojej książce, że astronom Edmund Weiss miał asteroidy za tak irytująco pospolite, iż zaczął o nich mówić „te szkodniki na niebie” [32].

To, co dla jednego naukowca jest szkodnikiem, dla innego może być jednak dziełem życia. W latach sześćdziesiątych XX wieku zainteresowanie tropieniem asteroid drastycznie wzrosło. Obserwatorium Palomar, w którym Shoemakerowie i David Levy odkryli swoją kometę; obserwatorium w Lejdzie w Holandii prowadzone przez inne małżeństwo, Cornelisa i Ingrid van Houtenów; program obserwacyjny LONEOS realizowany z gór w okolicach Flagstaff w Arizonie – zatrudniały astronomów poświęcających się odkrywaniu obiektów bliskich [33]. Żaden z takich programów nie odnotował jednak więcej sukcesów niż Catalina Sky Survey (CSS) przy Uniwersytecie Arizony, w ramach którego do 2018 roku odkryto niemal połowę z osiemnastu tysięcy znanych wówczas obiektów bliskich Ziemi [34]. Jak powiedział mi Eric Christensen, główny badacz Cataliny, kiedy odwiedziłem go na Uniwersytecie Arizony:

– Odkrywanie obiektów bliskich Ziemi to nasza jedyna misja, jedyny cel, możemy mu wszystko podporządkować.

Jeśli jakieś groźne dla cywilizacji komety lub asteroidy zaczną lecieć w kierunku Ziemi, najprawdopodobniej wypatrzą je właśnie poszukiwacze z Cataliny. Są pierwszą linią obrony naszej planety przed zagrożeniami z przestrzeni kosmicznej – właśnie dlatego postanowiłem pojechać do Arizony i na własne oczy zobaczyć, jak pracują.

Greg Leonard miał rację – trzeba było zabrać kurtkę. Obserwatorium na Mount Lemmon, w którym odbywają się prace CSS, znajduje się wysoko

w górach Santa Catalina, na północ od Tucson w stanie Arizona. Tucson leży na pustyni, jest tam ciepło nawet w marcu, jednak placówka astronomów stoi na wysokości prawie trzech tysięcy metrów nad poziomem morza. Zanim udało mi się pokonać kręte górskie drogi, słońce zdążyło już się schować, a temperatura spadła tak bardzo, że ostatnie kroki dzielące mnie od teleskopu pokonałem, drżąc z zimna. Przestrzeżono mnie, że muszę zaparkować daleko od obserwatorium – światło to wróg poszukiwaczy asteroid, nawet krótki błysk reflektorów samochodowych może zepsuć obserwację. Na początku wieczoru niebo było prawie niezachmurzone, tylko kilka wrzecionowatych obłoków przesłaniało wyłaniające się gwiazdy. Miałem szczęście – gdyby było bardziej pochmurno, mój czas na Mount Lemmon spędziłbym, patrząc, jak Leonard, dyżurny obserwator tej nocy, spisuje stare dane.

Muszą Państwo wiedzieć kilka rzeczy o pracy współczesnych łowców asteroid. Przede wszystkim nie patrzą bezpośrednio w teleskop, co się bardzo dobrze składa, bo znajduje się on w pomieszczeniu z otwartym dachem, a więc wpuszczającym górski chłód. Zamiast tego Leonard i jego uczeń Brian siedzą w ciasnej – ale na szczęście ogrzewanej – sterowni, otoczeni szumiącymi szafami serwerowymi, ścianami monitorów komputerowych i wielkimi ilościami kawy. Komputery sterują teleskopem i wyświetlają obrazy, serwery przechowują dane z obserwacji, kawa pozwala obserwatorom nie zasnąć podczas całonocnych zmian. Shoemakerowie potrzebowali do patrzenia w nocne niebo kosztownego i trudno dostępnego filmu, który potem sami wywoływali oraz skrupulatnie oglądali w poszukiwaniu ruchomych obiektów. Dziś Catalina oraz inne programy badania asteroid wykorzystują tak zwane matryce CCD – cieniutkie plastry światłoczułego krzemu osadzonego na warstwie kondensatorów służących jako elementy obrazu (piksele). Gdy na CCD pada światło, fotony opadają na te „piksele”

i są tam przechowywane, jak krople deszczu wpadające do wiadra[35]. Możemy dziś gromadzić o wiele więcej obrazów niż w czasach fotografii analogowej, są też one lepszej jakości i bardzo łatwe do kolportażu. W rezultacie otrzymujemy dziś nie strumień danych, ale całą rzekę. A dane są dla poszukiwań asteroid jak powietrze.

O ile dostępne narzędzia są dziś o wiele lepsze, o tyle techniki szukania zanadto się nie zmieniły. Gdy zostałem już oprowadzony po obserwatorium – co nie trwało długo, ponieważ jest ono raczej nieduże – usiadłem na stołku i przyglądałem się, jak Leonard kieruje teleskop na jakiś wycinek nieba. Zatrzymywał go tam na trzydzieści sekund, żeby zgromadzić dość światła. Kolejną korzyścią z matryc CCD jest to, że astronomowie nie muszą trzymać przyrządów w bezruchu przez wiele minut przy każdym obrazie, co znaczy, że każdej nocy da się zbadać znacznie większą część nieba. Potem Leonard delikatnie obracał teleskop na inny wycinek nieboskłonu i robił kolejne zdjęcie. Jedynym dźwiękiem rozlegającym się w obserwatorium był zgrzyt, z jakim zębatki teleskopu zbudowanego pod koniec lat sześćdziesiątych przekręcały się o parę stopni. Po dwóch kolejnych zdjęciach Leonard wracał do pierwszego celu, robił następne zdjęcie – jakieś piętnaście minut po pierwszym – dopóki nie sfotografował każdego celu cztery razy.

Leonard przywołał mnie machnięciem dłoni do ekranu komputera. Kliknął przycisk, a zdjęcia, które zrobił przez ostatnią godzinę, zaczęły się wyświetlać jedno po drugim, tworząc iluzję ruchu, zupełnie jak „animacje”, jakie dzieci robią na kartkach zeszytów. Gwiazdy – o wiele jaśniejsze w teleskopowym powiększeniu niż nawet na bezchmurnym, ziejącym chłodem niebie Arizony – mrugały w kolejnych klatkach, bo atmosfera Ziemi zaburzała ich odległy blask.

Leonard nie patrzył jednak na gwiazdy. Szukał czegoś, czegokolwiek, co ruszałoby się na tle kosmosu, odbijając światło Słońca (asteroidy – podobnie jak planety, księżyce i w zasadzie każde inne ciało niebieskie niebędące gwiazdą – są widoczne tylko dlatego, że odbijają światło słoneczne). Tak jak inne współczesne projekty badania nieba, Catalina wykorzystuje oprogramowanie automatycznie skanujące klisze i podświetlające wszystko, co może być asteroidą lub kometą. Program często ogłasza jednak fałszywe alarmy, gdy bierze pył albo zakrzywione światło za obiekt w ruchu. Poszukiwania tu prowadzone wciąż wymagają oczu przeszkolonego obserwatora, zdolnego odróżnić sygnał od szumu.

Gdy zespół obserwacyjny namierzy potencjalny obiekt bliski Ziemi, przekazuje dane do Centrum Mniejszych Planet (Minor Planet Center, MPC) w Cambridge w stanie Massachusetts, gdzie są katalogowane asteroidy i komety odkrywane na całym świecie. MPC to sąd ostatniej instancji w kwestii odkryć nowych ciał tego typu. Każdego dnia przetwarza około pięćdziesięciu tysięcy obserwacji [36] nadsyłanych z całego świata zarówno przez profesjonalne programy badawcze takie jak Catalina, jak i przez amatorów. Okazuje się, że niemal wszystkie nie dają powodu do niepokoju – albo są zupełnie błędne, albo opisują obiekty odkryte już przez kogoś innego lub nawet uwięzione nadal w pasie asteroid i tym samym niestanowiące zagrożenia dla Ziemi. Erik Christensen porównał ten proces do pracy załogi przemysłowych kutrów rybackich na pełnym morzu:

– Mamy wielką sieć i próbujemy po prostu złapać wszystko, co jest w oceanie, a większość z tego, co w nią wpada, to nie są obiekty bliskie Ziemi.

Poszukiwanie asteroid wymaga niemal mniszej dyscypliny, czyli zarówno fanatycznej drobiazgowości, jak i gotowości do czuwania na szczycie góry, gdy reszta świata śpi. Obserwatorzy spędzają na stanowisku

wiele nocy pod rząd, odsypiają je na miejscu, a potem mają kilka dni wolnego.

– To kompletnie wywraca życie towarzyskie – mówi Leonard podczas przerwy w obserwacji. – Ci, którzy dają sobie tu radę, to ludzie potrafiący znaleźć zajęcie, kiedy wracają z gór.

W przypadku Leonarda – siwiejącego, krótko ostrzyżonego, zbudowanego jak triatlonista – oznacza to mnóstwo ćwiczeń, po części po to, żeby wyrównać godziny spędzone przed ekranem komputera na Mount Lemmon. Do branży wprowadził go sam Gene Shoemaker, upamiętniony plakatem wiszącym na ścianie obok szafy pełnej serwerów, przedstawiającym gwiazdy nad wierszami zaczerpniętymi z *Romea i Julii*: „A po jego zgonie / Rozsyp go w gwiazdki! A niebo zapłonie / Tak, że się cały świat w tobie zakocha / I czci odmówi słońcu” [37].

Choć życie w obserwatorium zdaje się samotne, szybko stało się dla mnie jasne, że polowanie na obiekty bliskie Ziemi to praca zespołowa. Leonard i jego uczeń przez całą noc odbierali prośby o zlokalizowanie potencjalnych obiektów od obserwatorów z innych ośrodków, którzy je dostrzegli. Ponieważ asteroidy nie stoją w miejscu, należy je zaobserwować wielokrotnie w ciągu kilku dni, nim astronomowie ustalą ich kierunek ruchu, rozmiar oraz to, czy stanowią zagrożenie dla Ziemi – a przy tej pracy trzeba sobie jakoś radzić ze Słońcem, uniemożliwiającym obserwację sporej części nieba. Carrie Nugent porównuje ten proces do pracy nauczyciela próbującego policzyć dzieci biegające po łące, każde swoim tempem, gdy na środku stoi wielkie drzewo [38]. Szybsze dzieci wyskakują na widok dość sprawnie, ale wolniejsze pozostają niewidoczne za drzewem przez dłuższy czas, nauczyciel zaś – tak jak poszukiwacz asteroid – może tylko czekać i patrzeć.

Gdy weźmiemy pod uwagę owe wyzwania, nie dziwi nas, że zdarzają się pomyłki. 13 stycznia 2004 roku automatyczny teleskop w Nowym Meksyku zanotował obserwację kandydata na obiekt bliski Ziemi. Personel MPC w Cambridge opublikował tę informację na swojej stronie – tak jak to zwykle robi – żeby amatorzy astronomii mogli mu się lepiej przyjrzeć. Jeden z nich, mieszkający w Niemczech, znalazł wskazany obiekt – i obliczył, że w ciągu następnego dnia miał się stać cztery tysiące procent jaśniejszy. Była to niepokojąca wiadomość – tak jak bardzo niepokojące jest to, gdy spostrzegamy dwa błyskawicznie powiększające się reflektory, kiedy stoimy na środku drogi. Ktoś w NASA wykonał dalsze obliczenia, z których wynikało, że trzydziestometrowa asteroida – zwana teraz 2004 AS1 – uderzy w północną półkulę Ziemi z dwudziestopięcioprocentowym prawdopodobieństwem, i to w ciągu kilku dni.

Mogliby Państwo pomyśleć, że przy dwudziestu pięciu procentach ryzyka na zderzenie z asteroidą NASA budzi prezydenta w środku nocy, zaciąga go do centrum zarządzania kryzysowego i informuje o zagrożeniu dla Ziemi. Ale w 2004 roku nie było ustalonego wzorca postępowania w przypadku potencjalnego uderzenia nawet małej asteroidy. Astronomowie dalej robili zatem swoje – patrzyli w niebo i próbowali zgromadzić więcej informacji, dzięki którym rozwialiby wątpliwości. Obserwacje uniemożliwiała jednak gruba pokrywa chmur nad Europą i Stanami Zjednoczonymi. Dopiero gdy niebo nad Kolorado się przejaśniło, astronom amator Brian Warren mógł wykorzystać swój teleskop, by zbadać obszar, na którym powinna być 2004 AS1, gdyby naprawdę znajdowała się na kursie kolizyjnym z Ziemią. Ale nie mógł jej znaleźć. W rzeczywistości asteroida minęła Ziemię w odległości jedenastu i pół miliona kilometrów, czyli trzydzieści dwa razy dalej niż od naszej planety jest Księżyc.

Okazało się, że mieliśmy podwójne szczęście – i podwójnie się pomyliliśmy. 2004 ASI nie trafiła w Ziemię, miała jednak rozmiar trzystu metrów, nie trzydziestu, a więc zbliżony do wysokości wieży Eiffla. Gdyby zderzyła się z naszą planetą, mogłaby wywołać zniszczenia na skalę kontynentalną [39].

Łowcy asteroid tacy jak Greg Leonard muszą się mierzyć z wieloma wyzwaniami: złą pogodą, zbyt małym budżetem, uporem, z jakim Słońce zasłania im widok. Są jednak bardzo dobrzy w tym, co robią. Namierzyli już ponad osiem tysięcy obiektów bliskich Ziemi w kategorii powyżej stu czterdziestu metrów, które ma śledzić NASA, oraz kolejne tysiące jeszcze mniejszych (pamiętajmy: małych asteroid jest proporcjonalnie więcej). Catalina Sky Survey odkrywa przeciętnie trzy nowe obiekty bliskie Ziemi podczas każdej sesji obserwacji.

Gdy moja noc na Mount Lemmon dobiegała końca – mniej więcej w chwili, gdy zacząłem się zastanawiać, czy będę w stanie nie zasnąć podczas krętego zjazdu z góry – Leonard i jego współpracownik namierzyli małą asteroidę, jeszcze niezarejestrowaną przez MPC. Późniejsze badania wykazały, że nie stanowiła zagrożenia dla Ziemi, jednak samo odkrycie nieznanej asteroidy przynosi natychmiastową satysfakcję, bardzo rzadko spotykaną w naukach przyrodniczych – w końcu od pierwszego kroku do powszechnego uznania wyników pracy normalnie mogą minąć lata albo nawet dziesięciolecia.

– Możemy podejść do teleskopu i mieć pewność, że tej nocy coś odkryliśmy – powiedział mi Eric Christensen, gdy po zejściu z gór i doprowadzeniu się do porządku niemal śmiertelną dawką kofeiny spotkałem się z nim następnego ranka.

Odkrycia te od razu znajdują zastosowanie praktyczne. Asteroidy i komety różnią się od pozostałych zagrożeń egzystencjalnych tym, że

astronomowie mogą przewidzieć przyszłość, jeśli tylko dać im dosyć danych. Za pomocą obserwacji i odrobiny matematyki naukowcy potrafią z zaskakującą precyzją określić, gdzie dany obiekt bliski będzie za pięć, dziesięć, a nawet sto lat. Właśnie dlatego samotne poszukiwanie asteroid z obserwatoriów na szczytach gór jest konieczne. Tylko dzięki czujności i wpatrywaniu się w niebo noc po nocy możemy wiedzieć, jakie zagrożenia zbliżają się do nas z kosmosu.

To nie jest nauka dla nauki, to sprawa przetrwania gatunku. Kiedy ekipa Cataliny namierzyła nową asteroidę, ogarnęło mnie podekscytowanie, że mogę być świadkiem, jak dwóch ludzi w obserwatorium na bezludziu odgrywa swoją drobną rolę w obronie pozostałych siedmiu i pół miliarda mieszkańców naszej planety przed wyginięciem. Takiej zdolności nie ma żadne inne zwierzę, a do niedawna nie potrafiliśmy tego też my. Poszukiwacze asteroid pokroju Grega Leonarda biorą swoją służbę na poważnie.

– Wiem, że ryzyko śmierci od uderzenia asteroidy jest mniejsze niż od uderzenia pioruna – powiedział mi Leonard pod koniec mojego pobytu na Mount Lemmon. – Ale wiem też, że jeśli nie zrobimy nic, to na sto procent prędzej czy później któraś z nich nas dopadnie. To wielki zaszczyt, że mogę coś z tym zrobić.

Zbieranie danych nie wystarczy jednak, żeby zapewnić bezpieczeństwo Ziemi. Jak powiedział Leonard, prędzej czy później jakiś duży obiekt bliski znajdzie się na kursie kolizyjnym z naszą planetą. Nie byłby to pierwszy raz. Kiedy nadejdzie ten dzień, co z tym zrobimy?

Pierwszą linią obrony Ziemi przed kosmicznym ostrzałem jest gazowy olbrzym, piąta planeta od Słońca. Grawitacja Jowisza wyłapuje wiele z najgroźniejszych dla Ziemi komet i asteroid. Drugą linię stanowi nasza atmosfera. Większość obiektów, które zderzają się z naszą planetą, nie dociera do

jej powierzchni. Asteroidy podróżują przez próżnię, gdzie nie ma tarcia, z prędkością dziesiątek tysięcy kilometrów na godzinę. Kiedy jednak meteor – tak nazywamy asteroidę docierającą do Ziemi – wpada w naszą atmosferę, uderza o powietrze, które szybko gęstnieje. Tarcie wywołane przez jego opór rozgrzewa meteor do temperatury nawet półtora tysiąca stopni Celsjusza [40], przy której zaczyna się świecić z gorąca. Około dziewięćdziesięciu pięciu procent meteorów wkraczających w atmosferę spala się w niej całkowicie, z pozostałych rzadko kiedy zostaje więcej niż odrobina kamienia lub metalu zwana meteorytem [41]. Atmosfera jest znacznie skuteczniejsza w obronie przed pociskami niż cokolwiek, co wymyślił Pentagon.

Ale nawet obiekty bliskie Ziemi, które nie docierają do jej powierzchni, potrafią spowodować wielkie zniszczenia. 30 czerwca 1908 roku asteroida albo kometa o szerokości czterdziestu–sześćdziesięciu metrów wybuchła w powietrzu nad rzeką Podkamienna Tunguzka, płynącą przez serce Syberii. Eksplozja wyzwoliła sto osiemdziesiąt pięć razy więcej energii niż bomba atomowa zrzucona na Hirosimę. To bardzo dobre porównanie – głowice nuklearne są detonowane w powietrzu, a nie na ziemi, żeby ich niszczycielska moc działała na większym obszarze. Upadek meteorytu tunguskiego niczym nie różnił się od ataku jądrowego, tyle że nie pozostawił promieniowania i miał znacznie większą moc niż jakakolwiek bomba wykorzystana przez człowieka na wojnie. Unicestwił ponad dwa tysiące kilometrów kwadratowych lasu, na których rosło według szacunków osiemdziesiąt milionów drzew. To największe zderzenie z obiektem bliskim Ziemi w historii ludzkości.

Na szczęście podobnie jak dziś, także wtedy Syberia liczyła znacznie więcej drzew niż mieszkańców, nie znamy zatem żadnego przypadku człowieka poszkodowanego w wyniku tej katastrofy. Zabrakło jednak niewiele

– gdyby asteroida uderzyła cztery godziny później, obrót Ziemi podsunąłby pod jej celownik Sankt Petersburg. Raport przygotowany przez Biały Dom w 2018 roku podaje, że gdyby obiekt o takich samych rozmiarach trafił w Nowy Jork, unicestwiłby całe miasto i wiele jego przedmieść, niszcząc finansowe centrum świata i najprawdopodobniej zabijając miliony mieszkańców regionu [42].

– Obiekt tej wielkości nie zniszczyłby cywilizacji, ale gdyby uderzył w niewłaściwe miejsce, zginęłoby mnóstwo ludzi – mówi Ed Lu, były astronauta, dyrektor B612 Foundation, organizacji *non profit* z okolic San Francisco zajmującej się obroną przed asteroidami.

Do katastrofy tunguskiej doszło zaledwie dziesięć lat po odkryciu pierwszego obiektu bliskiego Ziemi. Nie było wtedy programów badania nieba, astronomów poszukujących zbliżających się pocisków, nie było ostrzeżeń ani obrony. To, że ofiarami padły tylko drzewa, a nie ludzie, zawdzięczamy wyłącznie szczęściu. Co moglibyśmy jednak zrobić, gdyby astronomowie odkryli inną sporą asteroidę – powiedzmy stumetrową – lecącą prosto w wielkie skupisko populacji, na przykład Nowy Jork, Londyn albo Tokio?

Gdyby uderzenie miało nastąpić w ciągu kilku dni – tak jak wydawało się to w 2004 roku – najlepsze, co moglibyśmy zrobić, to usunąć jak najwięcej ludzi z zagrożonego obszaru. W Stanach Zjednoczonych odpowiedzialna za przygotowanie na katastrofę i jej następstwa byłaby Federalna Agencja Zarządzania Kryzysowego (Federal Emergency Management Agency, FEMA). Tor lotu i siłę uderzenia nadlatującej asteroidy można wcześniej przewidzieć, dzięki czemu astronomowie mogliby określić prawdopodobne miejsce zderzenia, tak jak robią to meteorolodzy w przypadku huraganów. Obiekty bliskie Ziemi są zresztą znacznie bardziej przewidywalne od pogody, nie wspominając już o innych naturalnych katastrofach takich jak trzęsienia ziemi, niedających właściwie żadnego ostrzeżenia.

O ile zaś asteroida o wymiarach tej tunguskiej mogłaby zniszczyć bezpośrednim trafieniem całe miasto, o tyle tereny miejskie zajmują zaledwie trzy procent powierzchni Ziemi [43], co oznacza, że znacznie bardziej prawdopodobne jest trafienie w obszar niezamieszkały (taki jak Syberia) albo oceany pokrywające dwie trzecie naszej planety. To ta dobra wiadomość.

Zła wiadomość jest taka, że gdyby asteroida podobna rozmiarem do tej, która zabiła dinozaury, uderzyła w naszą planetę dziś, skutki byłyby odczuwalne na całym świecie niezależnie od tego, gdzie by wylądowała. Według jednego z badań wynikiem mogłaby być stuprocentowa stopa śmiertelności – czyli innymi słowy wyginięcie rodzaju ludzkiego [44]. Na posiedzeniu komisji Kongresu w 2013 roku członek Izby Reprezentantów z Florydy Bill Posey zapytał ówczesnego administratora NASA Charlesa Boldena, jaka byłaby strategia w przypadku wykrycia groźnej dla życia na Ziemi asteroidy z trzytygodniowym wyprzedzeniem. Bolden nie owijał w bawełnę: „Modlitwa” [45].

Jeśli jednak zachowamy się mądrze i pomyślimy o przyszłości, nie będzie nam potrzebna nadprzyrodzona interwencja.

– Mając dostatecznie wczesne ostrzeżenie, powiedzmy z dziesięcioletnim wyprzedzeniem, moglibyśmy zaprojektować misję kosmiczną, by nas ochroniła – mówi Ian Carnelli, kierownik programu w Europejskiej Agencji Kosmicznej, pracujący przy obserwacji asteroid i obronie przed nimi.

Żeby powstrzymać obiekt bliski Ziemi, musimy zmienić jego trajektorię. Zamiast jednak próbować odbić ją w bok, lepiej byłoby spróbować zwolnić lub przyspieszyć asteroidę na jej normalnej orbicie. Pamiętajmy, że do zderzenia może dojść tylko wtedy, gdy asteroida i Ziemia zetkną się, podróżując każda po swoim torze. Eksperci od asteroid porównują ten proces do wjeżdżania na autostradę z pasa rozbiegowego. Żeby uniknąć zderzenia, jeden z kierowców musi przyspieszyć albo zwolnić. Ziemi nie przyspie-

szymy ani nie zwolnimy, zostaje nam więc tylko zmiana prędkości obiektu bliskiego, dzięki czemu zagwarantujemy, że zjawi się za wcześnie albo za późno na umówione spotkanie z naszą planetą.

Możemy do tego na przykład wykorzystać jedno z oddziaływań fundamentalnych wszechświata – grawitację. Szybka powtórka z liceum: wszystkie obiekty mające masę lub energię – planety, asteroidy, nawet światło – przyciągają wszystkie inne obiekty siłą grawitacji. Gdybyśmy umieścili duży obiekt – zwany tutaj ciągnikiem grawitacyjnym – w przestrzeni niedaleko nadlatującej asteroidy, przyciąganie grawitacyjne mogłoby wystarczyć, żeby zmienić trasę jej orbity i powstrzymać zetknięcie z Ziemią.

Moglibyśmy też wykorzystać tak zwany efekt Jarkowskiego. Podobnie jak Ziemia, asteroidy obracają się podczas podróży po swoich orbitach, co oznacza, że na połowie ich powierzchni trwa „dzień", a na połowie „noc". Gdy nagrzana światłem słońca strona asteroidy odwraca się od gwiazdy, wyzwala podczerwone fotony, które odbierają jej odrobinę pędu niczym miniaturowy silniczek rakietowy. To właśnie efekt Jarkowskiego. Jak wie każdy, kto kiedykolwiek założył czarną koszulkę w słoneczny dzień, ciemne barwy pochłaniają światło, a jasne – odbijają. Gdybyśmy pomalowali jedną stronę asteroidy – może za pomocą kulek z suchego barwnego proszku z ładunkiem elektrycznym, które teoretycznie byłyby w stanie przetrwać w próżni kosmicznej – moglibyśmy zmienić jej prędkość za pomocą efektu Jarkowskiego. Podobnym sposobem byłoby użycie lasera, żeby spalić jedną z powierzchni obiektu – wyrzucanie odparowanych skały i metalu odepchnęłoby go delikatnie w przeciwnym kierunku.

Każda z tych metod zmieniłaby orbitę nadlatującego ciała tylko w minimalnym stopniu. Jeśli jednak podjęlibyśmy działania wiele lat przed przewidywanym momentem uderzenia w Ziemię, to skutki tej drobnej modyfikacji narastałyby przez długi czas i w końcu wystarczyłyby, żeby asteroida

chybiła celu. Nie jest jednak pewne, że będziemy mieli tak wczesne ostrzeżenie, a skoro na szali leży los całego świata, konieczne stanie się bardziej bezpośrednie zastosowanie fizyki newtonowskiej. Obiekt w ruchu – taki jak asteroida – pozostaje w ruchu z taką samą prędkością i w tym samym kierunku, jeśli nie działa na niego żadna zewnętrzna siła. Moglibyśmy poddać nasz cel działaniu takiej siły, taranując go bezzałogowym statkiem kosmicznym. Druga zasada dynamiki Newtona – siła równa się masa razy przyspieszenie – zrobiłaby za nas resztę, spowalniając lub przyspieszając obiekt. Jeśli znamy rozmiar asteroidy i prędkość, z jaką podróżuje, powinniśmy być w stanie wyliczyć, jak duży i jak szybki musi być nasz statek.

W NASA wiedzą, że ta metoda może zadziałać, bo już to sprawdzili – chociaż nie do końca umyślnie. W 2005 roku sonda Deep Impact – to angielski tytuł *Dnia zagłady*, nawiązanie było zamierzone – zbliżyła się do komety Tempel 1, przelatującej wówczas około czterystu trzydziestu milionów kilometrów od Ziemi. Następnie wypuściła pocisk o masie trzystu siedemdziesięciu kilogramów, który uderzył w kometę z prędkością około trzydziestu siedmiu tysięcy kilometrów na godzinę, wyzwalając przy tym energię zbliżoną do 4,8 tony trotylu [46]. Ponieważ kometa miała prawie sześć i pół kilometra średnicy, a pocisk rozmiary pralki, nie zaszła w zasadzie żadna wymierna zmiana kursu – fizyka newtonowska jest bezlitosna – ale po zderzeniu pozostał spory krater, dzięki czemu NASA mogła oszacować skutki kolizji z udziałem mniejszej asteroidy albo większego pocisku. I to prowadzi nas do bomb atomowych.

Im więcej siły jesteśmy w stanie dostarczyć do obiektu, tym bardziej możemy zmienić jego orbitę – a czy nam się to podoba, czy nie, w ludzkim arsenale nic nie ma tyle mocy, co broń atomowa. Gdybyśmy potrzebowali odbić asteroidę o dużym rozmiarze albo znajdującą się bardzo blisko Ziemi – przez co zmiana orbity musiałaby być odpowiednio bardziej radykalna –

byłoby to jedyne możliwe rozwiązanie. Erika Nesvold, astrofizyczka pracująca niegdyś dla Carnegie Institution for Science, opracowała algorytm Deflector Selector, za pomocą którego symulowała osiemnaście milionów prób zapobieżenia uderzeniu asteroidy. Doszła do wniosku, że opcja atomowa była słusznym wyborem w połowie rozważanych przypadków.

– To niezbyt zaskakujące – mówi. – To problem z zakresu fizyki, a atomówki mają najwięcej energii.

Natomiast z pewnością nie wystrzelilibyśmy po prostu salwy międzykontynentalnych rakiet balistycznych w nadziei, że rozbijemy asteroidę na kawałki, tak jak w starej grze *Missile Command*. Może się to wydawać nieintuicyjne, ale w obronie Ziemi tak naprawdę *nie chcemy* wysadzać nadlatującego obiektu. Nie da się przewidzieć, gdzie spadłyby jego resztki, a jak dowiodła Shoemaker-Levy 9, nawet rozbita kometa potrafi dokonać poważnych zniszczeń. W 2019 roku przeprowadzono badanie za pomocą modelu komputerowego, które dowiodło, że gdyby pocisk rozbił asteroidę lecącą w kierunku Ziemi, prędzej czy później kawałki skały znowu złożyłyby się w całość [47]. Celem nadal jest, tak jak przy innych technikach zmiany kursu, wyłącznie zwiększenie lub zmniejszenie prędkości, z jaką podróżuje po swojej orbicie. Broń atomowa po prostu pozwala nam działać z większą mocą.

Jednym z możliwych rozwiązań byłoby wysadzenie głowicy atomowej kilkaset metrów od asteroidy. W przestrzeni kosmicznej panuje próżnia, nie ma tam zatem powietrza, które mogłoby ponieść niszczycielską moc fali uderzeniowej. Wysokoenergetyczne promieniowanie gamma i rentgenowskie, a także neutrony wyzwolone przez detonację trafiłyby jednak w powierzchnię nieodległej asteroidy. Część jej powierzchni obróciłaby się przez to w plazmę, wyrzucającą cząsteczki w kosmos i odpychającą cały

obiekt w przeciwnym kierunku. Jeśli wszystko pójdzie dobrze, wysadzona zostanie tylko głowica – a na pewno nie Ziemia.

– Nie chodzi o to, żeby Bruce Willis poleciał w kosmos z bombą – mówi Carnelli.

No właśnie. Nie da się mówić o obronie przed asteroidami – nawet jeśli w debacie uczestniczą tylko doktorzy astrofizyki – nie wspominając prędzej czy później Bruce'a Willisa i *Armageddonu*. Z jednej strony ten film – a także nieco bardziej naukowo podbudowany *Dzień zagłady* – bardzo obrazowo zapoznał publiczność z tematem egzystencjalnego zagrożenia, jakie niosą obiekty bliskie Ziemi, dowodząc jednocześnie, że możemy je powstrzymać. Z drugiej strony pozwolono sobie na pewną swobodę w podejściu do zagadnień nauki. W *Armageddonie* nadlatująca asteroida ma „rozmiary Teksasu". Podobno Michael Bay nie sądził, że publiczność uwierzy w zdolność dziesięcio- czy jedenastokilometrowej skały do zniszczenia ludzkości (którą bez wątpienia by miała). Grupa naukowców z Uniwersytetu Leicester w Wielkiej Brytanii obliczyła, że bomba, którą Willis i spółka podkładają po wywierceniu dziury w asteroidzie, musiałaby mieć moc przynajmniej pięćdziesięciu miliardów megaton, żeby zniszczyć obiekt o rozmiarach Teksasu. Dla porównania: to ponad miliard razy więcej niż wynosiła moc największej bomby jądrowej w historii – radzieckiej Car-bomby [48].

NASA nie wysłałaby też na tę misję astronautów – nie mówiąc nawet o drużynie niewyszkolonych pracowników odwiertów roponośnych. Nad przechwytywaniem asteroidy pracowałyby tylko statki bezzałogowe. Jest jednak możliwe, że gdybyśmy odkryli duży obiekt i mieli niewiele czasu, ściągnęlibyśmy pomysł Michaela Baya i jako ostatnią deskę ratunku spróbowalibyśmy zdetonować bombę atomową wewnątrz asteroidy. NASA rozważała już zastosowanie teoretycznego statku zwanego Hypervelocity Aste-

roid Intercept Vehicle (Pojazd do Przechwytywania Asteroid przy Wielkich Prędkościach), którego zadaniem byłoby zderzyć się z nadlatującą skałą przy olbrzymiej prędkości, przez co zakopałby się kilka metrów pod jej powierzchnią, a potem zdetonować bombę nuklearną [49]. Dokonanie tego pod powierzchnią asteroidy, a nie na niej, pozwoliłoby zwiększyć moc eksplozji nawet dwadzieścia razy. Warto zauważyć, że amerykański Urząd do spraw Bezpieczeństwa Atomowego postanowił nie rozbrajać największych głowic atomowych w arsenale USA po zakończeniu zimnej wojny między innymi dlatego, że mogą być potrzebne do obrony planety [50].

Mamy więc teoretyczną wiedzę o tym, jak ochronić naszą planetę przed uderzeniem obiektu bliskiego Ziemi. Nie mamy jednak jeszcze zorganizowanej i przećwiczonej strategii takiej obrony. Stworzenie jej planu, a potem wykonanie go, to zadanie w gruncie rzeczy jednego człowieka – Lindleya Johnsona, pierwszego w historii oficera obrony planetarnej NASA.

W 1994 roku, mniej więcej wtedy, gdy Shoemakerowie i Levy szukali obiektów bliskich Ziemi w obserwatorium w Palomar, Lindley Johnson był majorem lotnictwa USA. Studiował wówczas zaawansowane operacje kosmiczne w Wyższej Szkole Dowodzenia i Pracy Sztabowej Lotnictwa (Air Command and Staff College) w Montgomery w stanie Alabama. Johnson dobrze znał zagrożenia czające się w kosmosie. Służył już wcześniej w Dowództwie Obrony Północnoamerykańskiej Przestrzeni Powietrznej i Kosmicznej (NORAD) – amerykańsko-kanadyjskiej jednostce wykrywającej nadlatujące pociski balistyczne – a także w Centrum Systemów Rakietowych i Kosmicznych w Los Angeles. Już wówczas był przekonany o zagrożeniu ze strony obiektów bliskich Ziemi, co było wtedy bardzo nietypowe, zwłaszcza u wojskowego. Wkrótce po odkryciu Shoemaker–Levy 9 w marcu 1994 roku – ale, co istotne, zanim jeszcze kometa zderzyła się

z Jowiszem, co zainspirowało poważne próby organizacji obrony planetarnej – Johnson opublikował artykuł opisujący pierwsze teorie zmiany kursu ciała niebieskiego, które mogłoby się zderzyć z Ziemią. Tekst przyjęto wzruszeniem ramion – niewiele osób, zwłaszcza w kołach rządowych, wierzyło wówczas, że obiekt kosmiczny mógłby zagrozić naszej planecie.

Zderzenie Shoemaker–Levy 9 z Jowiszem w lipcu 1994 roku odmieniło losy kariery Johnsona. Został przydzielony do Dowództwa Przestrzeni Kosmicznej sił powietrznych, gdzie propagował ścisłą współpracę z NASA, w tym przy projektach wykorzystujących kosmiczne teleskopy do poszukiwania komet i asteroid. Po odejściu z wojska w 2003 roku podjął pracę w NASA. Przez wiele lat był w tej agencji jedynym wysokim rangą kierownikiem, który pracował nad obiektami bliskimi Ziemi, bardzo pomógł wynegocjować regularne powiększanie budżetu na poszukiwania asteroid. W 2015 roku NASA powołała Biuro Koordynacji Obrony Planetarnej i powierzyła Johnsonowi – mówiąc krótko – bezpieczeństwo Ziemi.

„Oficer obrony planetarnej” to bardzo podniosły tytuł dla człowieka, którego praca – jak sam przyznaje – polega głównie na koordynowaniu działań różnych departamentów. Każdego ranka, po przyjeździe do kwatery głównej NASA w Waszyngtonie, sprawdza „nocny połów” – obiekty bliskie odkryte w ciągu nocy przez obserwatoria takie jak Catalina Sky Survey i spisane przez Centrum Mniejszych Planet. Zadaje pytania: Czy któryś z tych obiektów mieści się w kategorii potencjalnie niebezpiecznych, czyli mógłby przelecieć w promieniu mniej niż ośmiu milionów kilometrów od Ziemi? Czy astronomowie wyliczyli nowe tory asteroid, które mogłyby zagrozić planecie? To jak codzienny raport wywiadu dla prezydenta USA, tylko zagrożenia pochodzą ze strony kosmicznych skał, a nie terrorystów i obcych rządów.

Gdyby coś rzeczywiście zagrażało Ziemi, to właśnie Johnson odpowiadałby za zaalarmowanie NASA, a potem Biura Naukowo-Technologicznego Białego Domu i wreszcie prezydenta. Jak dotąd zdarzyło mu się to tylko raz, w 2008 roku, gdy astronomowie słusznie przewidzieli, że mała asteroida dotrze do Ziemi, ale niemal w całości spłonie w atmosferze [51]. Był to pierwszy przypadek, kiedy naukowcy przewidzieli uderzenie z wyprzedzeniem. Johnson upublicznił tę prognozę głównie po to, by nagły błysk na niebie nie został wzięty za jakieś działania wojskowe.

– Nie chcieliśmy, żeby ktokolwiek za bardzo się rozochocił na widok wielkiej eksplozji w atmosferze – mówi.

W nieco bliższej przeszłości Johnson i jego koledzy wykorzystali bliskie spotkanie z asteroidą o rozmiarach domu, która minęła Ziemię 12 października 2017 roku, żeby wypróbować powstający właśnie system ostrzegający przed obiektami bliskimi. Ta konkretna skała nigdy nie stanowiła zagrożenia, ale przeleciała obok naszej planety w odległości zaledwie czterdziestu pięciu tysięcy kilometrów, równie blisko, co sztuczne satelity. Świetnie nadawała się więc na próbny rozruch.

– Namierzyliśmy ją, śledziliśmy lot, bardzo precyzyjnie przewidzieliśmy tor przelotu, a potem wykorzystaliśmy to do przetestowania systemu zawiadamiania rządu USA i naszych międzynarodowych partnerów – opowiada Johnson.

Jego ekipa przekonała się, że o ile asteroidy i komety są znacznie bardziej przewidywalne od innych zagrożeń, wciąż zdarza się, że trzymają nas w niepewności. Nawet jeśli naukowcy podejrzewają, że jakiś obiekt może w przyszłości znaleźć się na kursie kolizyjnym z Ziemią, nie będą mieli pewności – a przynajmniej nie od razu, zwłaszcza jeśli do potencjalnego zderzenia ma dojść dopiero za kilka lat czy nawet dziesięcioleci. Gdy asteroidy przelatują koło Ziemi, ich orbity nieco zmieniają się pod wpływem jej

silnego pola grawitacyjnego. Jeśli podczas swojego pierwszego przelotu obok naszej planety któraś z nich zmieści się w bardzo wąskim przedziale odległości, który specjaliści nazywają dziurką od klucza, jej trasa może zmienić się tak, że niemal na pewno dojdzie do zderzenia podczas następnej orbity (pamiętajmy, że asteroidy orbitują wokół Słońca, tak samo jak Ziemia, a więc jeśli zdarzy się im nas minąć, to z pewnością jeszcze wrócą).

Naukowcy mogą jednak tylko szacować prawdopodobieństwo, że dane ciało trafi w „dziurkę od klucza" – stąd właśnie ta niepewność w kwestii ryzyka uderzenia. Krótko przed Bożym Narodzeniem 2004 roku szacowano na 2,7 procent prawdopodobieństwo, że asteroida 99942 Apophis, nazwana imieniem egipskiego boga węża symbolizującego chaos i mierząca trzysta sześćdziesiąt metrów średnicy, uderzy w Ziemię 13 kwietnia 2029 roku [52]. Może się wydawać, że to niewielkie ryzyko, ale niech zadadzą sobie Państwo pytanie: czy wsiedlibyście na pokład samolotu, który miałby 2,7 procent ryzyka wybuchu w powietrzu? Na szczęście kolejne obserwacje pomogły dokładniej określić położenie Apophis oraz stwierdzić, że prawdopodobieństwo zderzenia z naszą planetą wynosi zero, zarówno w 2029 roku, jak i podczas kolejnego przelotu w 2036 roku. W ogóle ryzyko takiej kolizji w następnym stuleciu wynosi mikroskopijne 0,00089 procent [53] (według szacunków z początku 2019 roku) – chociaż to i tak więcej niż prawdopodobieństwo, że zginą Państwo w katastrofie lotniczej [54].

Gdyby asteroida o rozmiarach Apophis uderzyła w Ziemię, eksplozja miałaby moc ponad miliarda ton trotylu [55] i spustoszyłaby obszar o rozmiarach średniej wielkości kraju, albo nawet większy. Nim jednak astronomowie mogli mieć pewność, że nie dojdzie do zderzenia, potrzebne były lata dalszych obserwacji. Nawet gdyby orzekli, że kolizja jest prawdopodobna, wskazaliby nie na konkretny punkt, ale raczej na „korytarz ryzyka" – wąski pas terenu, w którym obiekt mógłby wylądować. W obronie przed astero-

idami zawsze trzeba jakoś równoważyć czas spędzony na obserwacji (pozwalającej dokładniej określić prawdopodobieństwo uderzenia i korytarz ryzyka) i zmianę toru lotu obiektu (której zaplanowanie i przeprowadzenie na pewno zajmie przynajmniej dziesięć lat).

A kto w końcu podjąłby decyzję o zgodzie na taką misję, kosztującą przecież miliardy dolarów i być może w ogóle nieskuteczną? Duże obiekty mogą stanowić definicję globalnego zagrożenia, ale budżet NASA jest większy niż wszystkich pozostałych agencji latających w kosmos razem wziętych [56]. Ponadto tylko Stany Zjednoczone mają doświadczenie i technologię, które pozwoliłyby uruchomić misję ratunkową. W przypadku wykrycia nadlatującej asteroidy prezydent USA najprawdopodobniej powołałby zespół kryzysowy, w którego skład weszłyby NASA, Departament Obrony, Departament Energii (nadzorujący amerykański arsenał jądrowy) oraz FEMA, a także inne organizacje. Na poziomie międzynarodowym są też inne kraje zdolne do podróży kosmicznych, takie jak Rosja i Chiny, które mogłyby się zgromadzić pod auspicjami Komitetu do spraw Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej Narodów Zjednoczonych – jeśli istnieje jakaś organizacja odpowiedzialna za prawo pozaziemskie, to jest nią właśnie on [57].

Moglibyśmy pomyśleć, że w przypadku odkrycia dużej asteroidy zbliżającej się do Ziemi połączylibyśmy siły jako gatunek i zrobilibyśmy wszystko co w naszej mocy, by się obronić, nawet zmobilizowalibyśmy najpotężniejsze arsenały atomowe. Ale *Traktat o zasadach działalności państw w zakresie badań i wykorzystywania przestrzeni kosmicznej…* z 1967 roku zakazuje stosowania broni atomowej w kosmosie, co stanowiłoby przeszkodę prawną. Rozważmy jeszcze jeden problem. Na początku lat dziewięćdziesiątych astronom Carl Sagan przedstawił „dylemat zmiany kursu”. Każda technologia pozwalająca przekierować asteroidę z dala od

Ziemi może teoretycznie posłużyć do skierowania jej *w stronę* jakiegoś celu [58]. Na przykład wrogiego mocarstwa.

Może to brzmieć paranoicznie. Bo jaki przywódca zacząłby geopolityczne rozgrywki w chwili, gdy cała ludzkość jest zagrożona? Ale czy w świecie, w którym zaufanie na poziomie międzynarodowym zanika i nie ufa się już nawet nauce, decydenci z innych krajów naprawdę mogliby uwierzyć w słowo prezydenta USA – zwłaszcza takiego, jak Donald Trump – że misja zmiany toru lotu asteroidy, wykorzystująca niesprawdzoną technologię, naprawdę miałaby pokojowy cel albo że mogłaby przynieść sukces? Nawet jeśliby podjąć taką próbę w dobrej wierze, drobny błąd mógłby wystarczyć, by wymierzyć obiekt w inny kraj. Tak jak lekarze, obrońcy planety muszą po pierwsze nie szkodzić, jednak presja, by coś zrobić – cokolwiek – z pewnością byłaby w ich przypadku obezwładniająca.

Najszybszym sposobem na przekonanie świata o naszej zdolności przekierowania asteroidy pod presją byłoby zrobienie tego bez presji. Praktyka czyni mistrza. Właśnie dlatego NASA i jej partnerzy z Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) zamierzają w 2022 roku wystrzelić pojazd o nazwie Double Asteroid Redirection Test (Próba Zmiany Toru Lotu Podwójnej Asteroidy, w skrócie: DART). Jego celem będzie podwójna asteroida Didymos, która w 2003 roku minęła Ziemię w odległości półtora miliona kilometrów. Didymos znaczy po grecku „bliźniak” – bo to rzeczywiście dwie skały, większa Didymos A i mniejsza Didymos B, która krąży wokół niej [59]. Sonda DART – mająca mniej więcej rozmiar lodówki – uderzy w Didymosa B, by zmienić jego trajektorię. Będzie to pierwszy raz, kiedy Ziemianie umyślnie podjęli próbę zmiany orbity ciała niebieskiego. Może to posłużyć za prototyp dla przyszłych misji.

Trzeba powiedzieć, że NASA poczyniła w ostatnich latach konkretne kroki w dziedzinie obrony planetarnej. Jednym z nich było stworzenie sta-

nowiska piastowanego dziś przez Johnsona. Przed utworzeniem Biura Koordynacji Obrony Planetarnej w 2015 roku odpowiedzialność za poszukiwanie asteroid i obronę była rozrzucona po różnych wydziałach. Za ten brak skupienia skrytykował NASA jej własny inspektor generalny w raporcie opublikowanym w 2014 roku [60]. We wrześniu 2018 roku Biały Dom ogłosił plan, który niemalże potroiłby wydatki na obronę planetarną, zwiększając je do stu pięćdziesięciu milionów dolarów w 2019 roku. Sporą część tych pieniędzy przeznaczono na misję DART. Dodatkowe fundusze musi jeszcze zatwierdzić Kongres [61], jednak wydaje się, że Amerykanie popierają taki ruch – sondaż agencji Pew z 2018 roku wykazał, że według ankietowanych obrona planety powinna być drugim pod względem ważności celem amerykańskiego programu kosmicznego (zaraz po badaniach zmian klimatycznych, również będących zagrożeniem egzystencjalnym) [62].

– Na liście rzeczy, którymi ludzie powinni się martwić, obiekty bliskie Ziemi nie znajdują się najwyżej – mówi Johnson. – Mogą jednak spowodować najbardziej niszczycielską katastrofę naturalną znaną ludzkości. Wszystkie pieniądze, które wydamy na walkę z nimi, będą tego warte, jeśli pozwolą uniknąć kataklizmu, po którym koszty odbudowy poszłyby w setki miliardów dolarów, o ile w ogóle byłaby jakaś odbudowa. Na pewno warto, żeby państwa świata przeznaczyły część swojego skarbu na szukanie takich ciał, bo nie da się z nimi zrobić nic, jeśli się ich nie znajdzie.

Ale co, jeśli nie damy rady ich znaleźć?

15 lutego 2013 roku Lindley Johnson był w Wiedniu, gdzie przygotowywał się do przedstawienia Komitetu do spraw Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej Narodów Zjednoczonych planu obrony przed asteroidami. Moment był doskonały. Właśnie tego dnia asteroida DA14 minęła Ziemię w odległości dwudziestu siedmiu tysięcy kilometrów. NASA

i współpracujące z nią obserwatoria od roku śledziły jej lot i wiedziały ze stuprocentową pewnością, że przeleci blisko planety, ale jej nie zagrozi. Miała to być doskonała demonstracja tego, jak dobrze prowadzone śledzenie obiektów bliskich Ziemi nie pozwala groźnym asteroidom wziąć nas z zaskoczenia.

Ale nie tak pamiętamy 15 lutego 2013 roku. Tego bowiem dnia o 9.20 czasu miejscowego inna asteroida, szerokości około dwudziestu metrów, przebiła się przez atmosferę Ziemi nad Rosją. Rozpędzony do ponad sześćdziesięciu pięciu tysięcy kilometrów na godzinę meteor eksplodował w powietrzu jakieś dwadzieścia trzy kilometry nad obwodem czelabińskim – surowym przemysłowym obszarem na Uralu, znanym z zakładów zbrojeniowych i atomowych.

Błysk eksplozji – uwieczniony za pomocą rejestratorów jazdy i amatorskich kamer – najpierw zabarwił się na żółto, potem na pomarańczowo, przez chwilę był jaśniejszy od Słońca. Jej moc ocenia się na czterysta–pięćset kiloton trotylu [63]. Rannych zostało około tysiąca pięciuset osób, głównie pokaleczonych odłamkami rozbitych przez falę uderzeniową szyb. Ponad siedem tysięcy dwieście budynków w regionie zostało uszkodzonych. Siła wybuchu przewracała ludzi, a powietrze pachniało później prochem strzelniczym i siarką. Detonację wykryły stacje nawet na Antarktydzie. „Otworzyłem zaskoczony okno. Do środka wpadało takie ciepło, jakby na podwórzu było lato – pisał jeden ze świadków. – Kilka sekund później wybuchła eksplozja tak wielkiej mocy, że okno wpadło do środka razem z ramą, przewrócił się mój monitor i wszystko, co było na biurku” [64]. Późniejsze analizy wykazały, że meteor czelabiński był największym obiektem naturalnym, który znalazł się w atmosferze Ziemi od czasu katastrofy tunguskiej ponad sto lat wcześniej. Naukowcy nie mieli pojęcia, że nadlatuje, zanim nie było za późno.

To właśnie brzydka tajemnica poszukiwań asteroid – wprawdzie namierzyliśmy już ponad dziewięćdziesiąt pięć procent obiektów bliskich Ziemi większych niż kilometr, jednak o wiele liczniejsze asteroidy poniżej tego rozmiaru okazały się znacznie trudniejsze do znalezienia. Przypomnijmy, że w 2005 roku Kongres powierzył NASA zadanie zlokalizowania dziewięćdziesięciu procent obiektów bliskich Ziemi powyżej stu czterdziestu metrów do 2020 roku. Szacuje się, że jest ich dwadzieścia cztery tysiące, do 2018 roku udało się znaleźć tylko jedną trzecią z tego. W sprawie terminu Johnson powiedział mi wprost:

– To się nie stanie.

Czelabińsk to brutalne przypomnienie dla społeczności poszukiwaczy obiektów bliskich Ziemi, że kosmos wciąż może nas zaskoczyć. Asteroida przyleciała od strony Słońca, więc nie można jej było wypatrzyć naziemnym teleskopem (jeśli skierować silny teleskop na Słońce, to jego bardzo kosztowne wnętrzności po prostu się stopią). Miała rozmiary grubo poniżej stuczterdziestometrowego minimum wyznaczonego w zadaniach NASA. Chociaż Catalina i podobne obserwatoria wypatrzyły i skatalogowały około pięciuset asteroid porównywalnej wielkości, naukowcy szacują, że na odkrycie wciąż czekają jeszcze *miliony* obiektów bliskich porównywalnych z czelabińskim.

Czelabińsk dowiódł też, że nie trzeba dużej asteroidy – ani nawet takiej, która doleciałaby do powierzchni Ziemi – żeby wywołać panikę i wielkie zniszczenia, zwłaszcza jeśli uderzenie przyjdzie bez ostrzeżenia. W obwodzie czelabińskim znajduje się jeden z największych zakładów przetwarzających materiały atomowe w całej Rosji. Byłem w tym regionie w 2007 roku, gdy pisałem artykuł dla „Time” o ekologicznych problemach kraju nad Wołgą (w 1957 roku w zakładach atomowych w położonym w tamtym regionie Majaku doszło do jednej z najgorszych katastrof nuklearnych

w historii, chociaż pełen zakres szkód był w Związku Radzieckim ukrywany przez wiele lat). Nawet wtedy, mimo że stosunki między USA a Rosją były mniej napięte, mój samochód zatrzymała policja, żeby zapytać, czego szukają na istotnym wojskowo terenie zagraniczny reporter i jego fotograf. Wybuch meteoru z 2013 roku można było łatwo wziąć za amerykański atak nuklearny – i rzeczywiście wielu świadków właśnie tak z początku pomyślało. Napięcia między Waszyngtonem a Moskwą są dziś jeszcze silniejsze niż wówczas. Nietrudno zgadnąć – ale strach pomyśleć – jaka byłaby odruchowa reakcja Rosji na potencjalne bombardowanie atomowe.

Meteor czelabiński dowiódł, że w obserwacji obiektów bliskich Ziemi wciąż są dziury – podobnie jak wiadomość, że w grudniu 2018 roku nad Kamczatką eksplodował kolejny meteor, tym razem z mocą dziesięciu bomb z Hirosimy. Wkrótce dostępne staną się jednak nowe narzędzia, zwłaszcza Wielki Teleskop do Synoptycznych Obserwacji Przeglądowych (Large Synoptic Survey Telescope, LSST) – teleskop o szerokim polu widzenia, budowany obecnie w górach na północy Chile, który ma zacząć działać w 2022 roku. Będzie zdolny fotografować co kilka nocy całe widoczne niebo [65]. Powinno to pomóc zwiększyć tempo odkrywania obiektów bliskich Ziemi nawet dziesięciokrotnie [66].

Poszukiwanie asteroid skorzysta także na rozwoju sztucznej inteligencji. Maszyny coraz lepiej radzą sobie z odróżnianiem obiektów bliskich od szumu tła. Jak przekonałem się podczas wizyty w obserwatorium na Mount Lemmon, analiza maszynowa często prowadzi do fałszywych alarmów, przez co wyniki i tak musi sprawdzać obserwator. Ale NASA zgromadziła w Laboratorium Rozwoju Granicznego (Frontier Development Lab, FDL) ekspertów z dziedziny sztucznej inteligencji oraz astronomów, żeby przeanalizowali olbrzymie zestawy danych generowane przez obserwatoria i stworzyli algorytmy zdolne błyskawicznie wybrać z nich potencjalnie nie-

bezpieczne asteroidy [67]. W 2017 roku badacze z Google'a i Uniwersytetu Teksańskiego wprowadzili dane zebrane przez kosmiczny teleskop Keplera do systemu uczącego się i odkryli w ten sposób dwie nowe planety, których wcześniej nikt nie zauważył [68]. Algorytm podał poprawny wynik w dziewięćdziesięciu sześciu procentach przypadków – każdy poszukiwacz asteroid marzy o takim stopniu skuteczności. A sztuczna inteligencja nie musi pić kawy.

Naprawdę przyspieszyć nasze poszukiwania obiektów bliskich mógłby kosmiczny teleskop operujący w podczerwieni i zajmujący się tylko tym zadaniem. Takie urządzenia mogą pracować całą dobę, nie obchodzi ich też zła pogoda. Ponieważ obiekty bliskie są cieplejsze od innych ciał niebieskich, łatwiej je znaleźć teleskopem obserwującym podczerwień, a więc ciepło, niż takim, który zbiera światło widzialne.

– Przez lata przeprowadziliśmy wiele badań i we wszystkich doszliśmy do tych samych wniosków – powiedział mi Johnson. – Naprawdę potrzebne nam urządzenie operujące w kosmosie, zdolne wyjść ponad atmosferę, żebyśmy mogli prowadzić poszukiwania dwadzieścia cztery godziny na dobę, siedem dni w tygodniu.

Problemem jest koszt. Projekty kosmiczne nie są tanie. Wyniesienie sprzętu poza atmosferę planety jest drogie, kosztowne jest też utrzymywanie jego sprawności, skoro każda naprawa wymaga lotu na orbitę. NASA ma zaksięgowany program kosmicznego teleskopu na podczerwień NEOCam, ale – na początku 2019 roku – projekt pozostaje w „rozszerzonej fazie A studium", czyli zawieszeniu między budżetowym życiem a śmiercią [69]. NASA szacuje, że bez kosmicznych teleskopów, takich jak NEOCam, wypełnienie kongresowego nakazu odnalezienia dziewięćdziesięciu procent obiektów bliskich Ziemi powyżej stu czterdziestu metrów może zająć trzydzieści lat albo więcej [70] – a trzeba zauważyć, że nakaz ten nie wiązał się

z dodatkowymi funduszami, a tylko z nowymi oczekiwaniami. Znaczy to, że przed nami jeszcze przynajmniej kilka dziesięcioleci, podczas których Ziemię może zaskoczyć kolejny Czelabińsk – albo coś jeszcze gorszego.

Gdy zacząłem pracę nad tą książką, wiedziałem, że nie usatysfakcjonuje mnie po prostu zbadanie możliwych scenariuszy końca naszego świata. Chciałem się przekonać, co możemy zrobić w obronie własnej, jaką powinniśmy prowadzić politykę i jakie wyznaczyć priorytety, żeby dać ludzkości największą szansę na przetrwanie reszty tego stulecia i kolejnych. Nie są to proste pytania – na świecie nie brakuje potrzeb, z których wiele wymaga znacznie pilniejszej uwagi niż mało prawdopodobne wizje zagłady naszego gatunku. Właśnie dlatego zagrożenia egzystencjalne są często ignorowane i niedofinansowane. To całkiem zrozumiałe – dopóki któregoś dnia przez to odwlekanie nie zginą ludzie.

Jak wiele powinniśmy zatem inwestować i jak ciężko pracować, by zapobiec czemuś równie katastroficznemu, co nieprawdopodobnemu? Asteroidy to dobry punkt wyjścia do analizy skomplikowanej matematyki zagrożeń egzystencjalnych. Prawdziwe prawdopodobieństwo wystąpienia większości pozostałych podobnych niebezpieczeństw jest nieznane i niemożliwe do zbadania. Naukowcy nie mogą w żaden sposób przewidzieć ryzyka buntu sztucznej inteligencji, epidemiolodzy nie są w stanie przewidzieć pandemii przed pierwszym kaszlnięciem, nikt nie wie, czy w ogóle istnieją jakieś obce formy życia, a co dopiero: czy zechcą zrobić z Ziemi swoją najnowszą kolonię. Ale bardzo inteligentni astronomowie i fizycy zajmujący się obroną planetarną, jeśli dać im środki do namierzania wszystkich asteroid w naszej okolicy, potrafią z niemal zegarową precyzją wyliczyć prawdopodobieństwo bliskiego spotkania z obiektem bliskim Ziemi w ciągu stulecia albo nawet później. Ta przewidywalność pozwala nam

argumentować – rzeczowo, nie hipotetycznie – za znacznym zwiększeniem wydatków na obronę planety.

Uderzenie asteroidy większej niż pięć kilometrów może doprowadzić do wyginięcia gatunku ludzkiego. Szacuje się, że do takiej kolizji powinno dojść raz na dwadzieścia milionów lat, czyli prawdopodobieństwo wynosi 0,000005 procent rocznie. To mniej niż ryzyko śmierci od uderzenia piorunem, które wynosi jakieś 0,000009 procent [71]. A jednak ludzie giną od piorunów – w 2017 roku podobny pech spotkał szesnastu Amerykanów [72] – natomiast w zeszłym roku nie zanotowano ani jednego przypadku śmierci od uderzenia asteroidy, podobnie jak rok wcześniej ani w ogóle w naszej historii od czasu wynalezienia pisma [73]. Pojawia się więc pytanie: jeśli tak długo udało nam się przeżyć na Ziemi i nikt nie zginął od asteroidy, po co wydawać nawet dolara na obronę przed obiektami bliskimi?

Tu właśnie musimy zrozumieć, czym różnią się zagrożenia egzystencjalne od normalnych. Dziesięciolecia doświadczeń mówią nam, że każdego roku od piorunów zginie nie więcej niż kilkunastu Amerykanów – ale wiemy też, że nie ma ryzyka, by jakiś megapiorun poraził wszystkich ludzi na Ziemi i zakończył istnienie ludzkości. Tak właśnie jest z konwencjonalnymi zagrożeniami. Liczba ludzi, którzy każdego roku giną w katastrofach lotniczych, huraganach albo wypadkach przy robieniu sobie zdjęć z ręki (w tej ostatniej kategorii według naukowców mamy każdego roku kilkadziesiąt ofiar [74]), może się zmieniać w zależności od czynników zewnętrznych albo podjętych przez nas środków profilaktycznych, ale nie zdarzy się rok, w którym cała ludność świata straci życie w katastrofie lotniczej. Takie niebezpieczeństwa – z którymi radzimy sobie na co dzień – są skończone w swojej skali.

Zagrożenia egzystencjalne są tymczasem wysoce nieprawdopodobne, ale grożą ekstremalnymi albo nawet nieograniczonymi konsekwencjami, co

może niespodziewanie zamącić statystykę. Narodowa Rada Naukowa USA ocenia, że w wyniku uderzenia asteroidy rocznie średnio ginie dziewięćdziesiąt jeden osób, ale oczywiście nikt tak nie zginął w zeszłym roku, nieprawdopodobne też, żeby dziewięćdziesiąt jeden osób zginęło od asteroidy w przyszłym roku [75]. Statystyka ta znaczy raczej, że kiedyś – jeśli nie opracujemy skutecznego systemu obrony przed asteroidami – możemy się spodziewać, że miliony lub miliardy ludzi zginą w wyniku jednego apokaliptycznego uderzenia. Jeśli rozłożyć to na wystarczająco długi czas, wyliczymy dziewięćdziesiąt jeden zgonów rocznie. To więcej niż liczba ludzi, którzy w 2017 roku zginęli na świecie w katastrofach lotniczych [76] – a Federalny Zarząd Lotnictwa wydał wtedy niemal dwa miliardy dolarów na bezpieczeństwo transportu powietrznego [77].

Tak wygląda matematyka końca świata. Niemożliwe wydaje się oszacowanie kosztu zagłady ludzkości, choćby dlatego, że gdyby do niej doszło, nie miałby kto go zapłacić. To miesza się z konwencjonalną analizą zysków i strat, którą wykorzystują ekonomiści, żeby orzec, czy dana polityka jest warta swojej ceny. Możemy jednak spróbować choćby oszacować wartość uniknięcia apokalipsy. Autorzy raportu zamówionego przez Global Challenges Foundation, szwedzką organizację *non profit*, informującą społeczeństwo o zagrożeniach egzystencjalnych, szacują, że jeśli ludzie mieliby zdolność bronić się przed globalnymi katastrofami takimi jak asteroidy, nasz gatunek mógłby przetrwać pięćdziesiąt milionów lat. Przez ten czas na Ziemi mogłyby żyć i umrzeć trzy *biliardy* ludzi, trzy tysiące bilionów. Gdyby każde z tych istnień, a także życie każdej z 7,6 miliarda osób mieszkających na Ziemi dziś, wycenić okazyjnie na pięćdziesiąt tysięcy dolarów – to znacznie mniej niż rząd USA liczy za życie Amerykanina przy ocenianiu konsekwencji nowych przepisów – cena całkowitego wyginięcia ludzkości wyniosłaby sto pięćdziesiąt trylionów dolarów, niemal dwa miliony

razy więcej, niż wynosi obecnie wartość wszystkich pieniędzy na całym świecie [78].

Jak zauważa znawca prawa i ekonomista Richard Posner w książce *Catastrophe. Risk and Response*, jednym ze sposobów na określenie, jak dużo należy wydać na zapobiegnięcie jakiemuś zagrożeniu jest pomnożenie jego spodziewanych kosztów przez prawdopodobieństwo wystąpienia [79]. Pamiętają Państwo tych 0,000005 procent ryzyka dotyczącego uderzenia zabójczej asteroidy w danym roku? Jest to niezwykle małe prawdopodobieństwo, ale koszt stu pięćdziesięciu trylionów dolarów jest tak wysoki, że według tego równania powinniśmy na zapobieganie uderzeniom obiektów bliskich wydawać rocznie siedemset pięćdziesiąt *bilionów* dolarów. To tysiące razy więcej niż wynoszą łączne wydatki Stanów Zjednoczonych na obronność. To ponad dziewięć razy tyle, ile jest warta cała gospodarka świata. To *bardzo dużo* pieniędzy.

Inwestowanie takich kwot w obronę przed obiektami bliskimi Ziemi byłoby obłąkane, nie wspominając już, że niemożliwe. Istnieją inne niebezpieczeństwa, które też potrzebują naszej uwagi i naszych dolarów, w tym zagrożenia egzystencjalne, o których dowiemy się w kolejnych rozdziałach książki. Nawet NASA, która wydała niemal sto pięćdziesiąt miliardów dolarów (po dzisiejszym kursie), żeby wysłać ludzi na Księżyc, nie miałaby dość pomysłów, by przeznaczyć nawet połowę trzech czwartych biliarda dolarów na zestrzeliwanie asteroid. Ale ten eksperyment myślowy pokazuje nam, że wydawanie pięćdziesięciu milionów rocznie, jak dotąd robiła to NASA, albo nawet stu pięćdziesięciu milionów, to niemal na pewno za mało, żeby zagwarantować bezpieczeństwo Ziemi od zagrożenia, które nawiedziło ją już w przeszłości i na pewno zrobi to znowu.

Powyższe zasady sprawdzają się także w kontekście zagrożeń egzystencjalnych w ogóle. Koszt stracenia świata z jakiejkolwiek przyczyny, nie-

ważne, jak nieprawdopodobnej, jest tak wielki, że powinniśmy na ochronę przed tym ryzykiem wydawać znacznie więcej, niż wydajemy. Jak jednak przekonałem się wiele razy podczas pracy nad niniejszą książką, ogranicza nas nie tyle budżet, ile wyobraźnia. Ludzie fatalnie radzą sobie w ocenie ryzyka – zwłaszcza egzystencjalnego. Polegamy na uczuciach, nie faktach, przedkładamy ważne emocjonalnie wspomnienia nad twarde liczby.

– Traktujemy coś jako niemożliwe, jeśli nie mamy doświadczenia z czymś podobnym, a nikt nigdy nie przeżył uderzenia asteroidy – mówi Paul Slovic, profesor psychologii na Uniwersytecie Oregonu i ekspert od postrzegania ryzyka. – Ludzie mają skłonność do sprowadzania tego drobnego prawdopodobieństwa do zera.

Przez to właśnie ignorujemy niebezpieczeństwa zdolne usunąć nas z powierzchni Ziemi. Nie dlatego, że podejmujemy przemyślaną decyzję o wydaniu pieniędzy na inne potrzeby, ale dlatego, że w ogóle nie myślimy.

To zupełnie zrozumiała tendencja. Tyle że możemy wszyscy przez nią zginąć, jeśli nie będziemy mieli odwagi spojrzeć w oczy perspektywie końca świata. Wszechświat może i próbuje nas zabić – ale to nie powód, by mu na to pozwolić.

2

Wulkan

Dziesięć lat bez lata

Siedemdziesiąt cztery – plus minus – tysiące lat temu gatunek *Homo sapiens* przeżył bardzo zły dzień, być może najgorszy, jaki mu się kiedykolwiek przytrafił. Na wyspie, która dziś nazywa się Sumatra i leży w Indonezji, wybuchła góra Toba – chociaż słowo „wybuch” nie oddaje sprawiedliwości niewiarygodnej geofizycznej brutalności tego zdarzenia. To, co przydarzyło się Tobie, miało tak niszczycielską moc, że naukowcy ukuli specjalną nazwę dla katastrof wulkanicznych o takiej skali: „supererupcja” [1]. Ale to był dopiero początek. Wybuch Toby przyćmił światło słoneczne i sprowadził na cały świat wulkaniczną zimę. Możliwe, że nasz gatunek był wówczas bliżej wyginięcia niż kiedykolwiek przedtem albo potem. *Homo sapiens* nie przypominał wówczas w niczym najważniejszego gatunku na świecie, którym jest dzisiaj, Toba stanowiła zaś naszą ostateczną próbę. Ale też przestrogę – że największe naturalne zagrożenie egzystencjalne pochodzi wcale nie z nieba, ale z ziemi pod naszymi stopami.

Jako korespondent „Time” w Hongkongu pomagałem pisać doniesienia o następstwach tsunami, które uderzyło w wybrzeża Oceanu Indyjskiego w 2004 roku. W katastrofie tej zginęło ponad dwieście trzydzieści tysięcy ludzi z czternastu krajów. Jej przyczyną było trzęsienie ziemi o magnitudzie 9,1 na dnie morza przy brzegu tej samej Sumatry. Siła wstrząsu stworzyła wyrwę o długości prawie tysiąca kilometrów; zginęli lub zostali ranni ludzie ze wszystkich wybrzeży Oceanu Indyjskiego. Nie myślałem, że Zie-

mia jest zdolna do czegoś gorszego. Ale gdy zacząłem badać supererupcję Toby, zrozumiałem, że istnieją takie kategorie katastrofy, których sobie nawet nie wyobrażałem.

Wulkan to mechanizm przenoszący to, co pod ziemią, w powietrze. Siłę erupcji ocenia się zatem przede wszystkim na podstawie ilości skały, którą wyrzucają. Wulkan Toba wypluwał nawet dziewięć milionów ton siarkowej skały *na sekundę* przez – według szacunków naukowców – dwa tygodnie zagłady. Nim skończyła się erupcja, w powietrze wyleciało do trzech tysięcy kilometrów sześciennych pyłów i magmy [2]. Gdyby zebrać je w jednym miejscu, wystarczyłoby tego, by wypełnić Wielki Kanion Kolorado w prawie trzech czwartych.

Jeśli to nie pomaga Państwu wyobrazić sobie skali zniszczeń, proszę pomyśleć o górze Mount St. Helens w stanie Waszyngton. Jej wybuch w 1980 roku był największym i najbardziej niszczycielskim w historii USA, zabił pięćdziesiąt siedem osób, spowodował zniszczenia warte miliard dolarów. Został przy tym uwieczniony na filmie, trafił nawet na okładkę „Time”. Ale pod względem ilości tefry – czyli wyrzucanych podczas wybuchu skał, pyłów oraz mikroskopijnych kawałków szkła o charakterystycznym kształcie haczyka – Toba liczyła *dwa tysiące osiemset* erupcji Mount St. Helens, czyli tyle, ile ta druga góra wydałaby z siebie, wybuchając codziennie przez ponad siedem i pół roku [3].

Z miejsca eksplozji spływała gęsta masa stopionej skały i gazów, gdzieniegdzie rozgrzana do sześciuset pięćdziesięciu stopni Celsjusza. Pojedyncze głazy galopowały z prędkością nawet stu kilometrów na godzinę, a całość dosięgnęła miejsc oddalonych o setki kilometrów. Wszystko, co mogło się palić, płonęło, w tym rośliny i zwierzęta [4]. Erupcja rozbiła górę w pył, tworząc na jej miejscu kalderę – krater wulkaniczny – mierzącą dzisiaj sto kilometrów długości i trzydzieści szerokości, a głęboką na przeszło

pięćset metrów [5]. Z czasem wypełniła się ona wodą – i tak powstało dzisiejsze jezioro Toba.

Erupcje ocenia się według wskaźnika eksplozywności wulkanicznej (VEI) – w skali 1–8. Toba zdecydowanie była ósemką, czyli eksplozją fachowo określaną jako megakolosalna. Chmura powstała po erupcji miała wysokość trzydziestu kilometrów, z łatwością sięgała zatem stratosfery [6]. Nawet w południe było ciemno.

– Wybuch Toby bez wątpienia był największym wybuchem wulkanu, jaki nasza planeta widziała w ciągu ostatnich stu tysięcy lat, a może nawet od znacznie dawniejszych czasów – mówi mi Steve Sparks, wulkanolog z Uniwersytetu Bristolskiego w Wielkiej Brytanii.

Erupcja Toby zmieniła jej okolicę w piekło na Ziemi, ale jej znaczenie dla historii zagrożeń egzystencjalnych wzięło się z wpływu, jaki miała na wydarzenia oddalone o setki tysięcy kilometrów. Wybuch każdego wulkanu wytwarza pył o unikatowej sygnaturze chemicznej – niczym odcisk palca – za pomocą którego naukowcy są w stanie odnaleźć ślady Toby na całym świecie. Na początku lat dziewięćdziesiątych badacze zaczęli odkrywać duże osady popiołu z sumatrzańskiego wybuchu w Oceanie Indyjskim. Później podobne ślady Toby odnalazły się w Morzu Południowochińskim, Morzu Arabskim, nawet w jeziorze Malawi w południowo-wschodniej Afryce, ponad sześć i pół tysiąca kilometrów od miejsca wybuchu [7]. W Indiach i Pakistanie pokłady pyłu miały nawet sześć metrów głębokości [8]. Według dzisiejszych szacunków popioły wyrzucone przez Tobę pokrywały niemal jeden procent powierzchni planety [9].

Pył wulkaniczny jest toksyczny sam z siebie – zatruwa pastwiska i tereny uprawne, a wdychanie go może trwale uszkodzić płuca i resztę układu oddechowego. Jednak wpływy chmury popiołu z Toby na klimat były o wiele bardziej niszczycielskie. Drobiny wyrzucone w powietrze

przyćmiły niebo. O ile cząsteczki pyłu na ogół spadają z powrotem na ziemię wraz z deszczem w ciągu kilku tygodni, o tyle w tej chmurze znajdowało się też olbrzymie stężenie dwutlenku siarki – tak jak w obłoku wzniesionym przez upadek asteroidy z Chicxulub. SO_2 związało się z wodą obecną w stratosferze, tworząc kropelki kwasu siarkowego, których mgła mogła ograniczyć ilość światła słonecznego nawet o dziewięćdziesiąt procent [10].

Wiemy z doświadczenia, że duże erupcje mogą zablokować światło słoneczne i wywołać przejściowe globalne ochłodzenie. Po wybuchu Pinatubo na Filipinach w 1991 roku obłoki zawiesin siarki na kilka lat zmniejszyły temperaturę na świecie o prawie pół stopnia Celsjusza [11]. Była to jedna z najsilniejszych erupcji XX wieku, ale osiągnęła zaledwie szóstkę w skali VEI – a podobnie jak skala Richtera, jest to wskaźnik rosnący logarytmicznie, to znaczy jeden stopień wyżej na skali to dziesięciokrotnie więcej popiołu i skał. Oznacza to, że Pinatubo – która wymiernie ochłodziła klimat planety, tymczasowo równoważąc globalne ocieplenie – miała tylko jeden procent prawdopodobnej siły Toby.

Podobnie jak paleontolodzy potrafią odtworzyć wygląd wymarłych zwierząt dzięki badaniu skamielin, paleoklimatolodzy potrafią odtworzyć dawny klimat, analizując bańki powietrza uwięzione dziesiątki tysięcy lat temu w lodzie Arktyki. Rdzenie lodowe z Grenlandii wskazują na nagły i trwały spadek temperatury na świecie mniej więcej w czasach Toby. Erupcja to główny podejrzany. Nie jest to niepodważalny dowód – w ciągu ostatnich kilku milionów lat Ziemia przechodziła epoki lodowcowe i cieplejsze okresy, a mniej więcej w tamtym czasie zaczynało się właśnie dłuższe zlodowacenie [12]. Ale epoki lodowcowe nie zaczynają się z dnia na dzień, wymagają tysięcy lat, a to, co wydarzyło się po Tobie, było natychmiastowe i drastyczne.

Alan Robock z Uniwersytetu Rutgersa w New Jersey przeprowadził w 2009 roku komputerową symulację wpływu eksplozji Toby na klimat. Ocenił na jej podstawie, że światowe temperatury obniżyły się na kilka lat po wybuchu średnio o dziesięć stopni Celsjusza, a możliwe, że nawet o szesnaście [13]. Poziom opadów obniżył się o czterdzieści pięć procent, dramatycznie zmniejszyła się też pokrywa roślinna, wymarły między innymi całoroczne drzewa liściaste i tropikalne drzewa gubiące liście [14]. Niech wyobrażą sobie Państwo zimę trwającą wiele lat, niczym w *Grze o tron*, i duszącą życie na lądzie. Według Michaela Rampina, geologa z Uniwersytetu Nowojorskiego, po Tobie mogło wymrzeć niemal trzy czwarte gatunków roślin na półkuli północnej, nie wspominając już o niezliczonych gatunkach zwierząt [15].

Jak wyglądało życie naszych przodków, łowców-zbieraczy, wciąż jeszcze mieszkających wówczas głównie w Afryce i niektórych częściach południowej Azji, w epoce wulkanicznej zimy wywołanej przez Tobę? Wyobraźmy sobie, że każdego dnia po przebudzeniu widzimy przyćmione słońce, zasłonięte przez warstwę zawiesin siarki, która nigdy nie opadła. Dziesięciostopniowy spadek temperatury byłby jak przeprowadzka z Nowego Jorku na Alaskę. Ciepło stałoby się zaledwie wspomnieniem, a rośliny i zwierzęta, od których zależało nasze przetrwanie, wymarłyby wśród panującego mrozu. Najsłabsi członkowie naszej społeczności – chorzy, starzy, najmłodsi – również nie daliby rady przeżyć. Choć modele klimatyczne wskazują, że temperatura wróciła do normy w ciągu dziesięciu lat, z pewnością wydawało się wtedy, że mrok i zimno będą trwały wiecznie, że nadszedł koniec świata.

I niewiele zabrakło, żeby naprawdę tak się stało. W latach dziewięćdziesiątych Rampino i Stanley Ambrose – antropolog z Uniwersytetu Illinois – oraz dziennikarka naukowa Ann Gibbons przedstawili teorię, że skutki

supererupcji pośrednio doprowadziły do zmniejszenia ówczesnej populacji ludzkiej do zaledwie czterech tysięcy. Było to zagrożenie egzystencjalne, które stało się faktem.

– Możliwe, że Toba wywołała tak straszliwe warunki środowiskowe, że doprowadziła do wymierania – mówi Rampino. – To przypomnienie, że pozostajemy na łasce geologii.

Badacze zagrożeń egzystencjalnych Nick Bostrom i Milan Ćirković piszą we wstępie do książki *Global Catastrophic Risks*, że prawdopodobnie Toba „była najgorszym kataklizmem, jaki kiedykolwiek spotkał rodzaj ludzki” [16]. Bardzo możliwe, że nigdy wcześniej ani później nie byliśmy tak blisko wyginięcia.

Wiemy, że populacja *Homo sapiens* drastycznie spadła mniej więcej w czasie eksplozji Toby – dowody na to są w naszych genach. W przeciwieństwie do innych naczelnych – a nawet ssaków w ogóle – ludzie wszystkich ras i narodów są do sobie niezwykle genetycznie podobni. Dziennikarz naukowy Charles Mann zauważa, że dwoje ludzi z różnych zakątków świata może dzielić 99,9 procent DNA. Dla porównania kod genetyczny dwóch różnych szczepów bakterii *E. coli* jest zbieżny w dziewięćdziesięciu pięciu procentach [17], chociaż ich genom jest około czterech razy mniejszy od ludzkiego. Takie genetyczne podobieństwo – a także dowody, że populacja ludzkości nagle eksplodowała mniej więcej pięćdziesiąt tysięcy lat temu [18] – wskazuje, iż dzisiejsi ludzie pochodzą od dość niewielkiej grupy przodków. Rampino i Ambrose uważają, że ekstremalną, ale krótkotrwałą zmianę klimatu spowodowaną przez supererupcję Toby przetrwali tylko nieliczni – i to oni są naszymi praszczurami.

Nie wiemy, jak im się to udało, ale Ambrose sądzi, że społeczności zdolne do współpracy miały większą szansę na przetrwanie.

– Wydawałoby się, że w sytuacji apokalipsy ludzie okradaliby się nawzajem – mówi. – To nieprawda. W stabilnym środowisku, gdy gęstość zaludnienia jest duża, nie musimy polegać na swoich sąsiadach, by zdobyć następny posiłek, może nawet będziemy musieli się przed nimi bronić. Ale w sytuacji podobnej do małej szalupy, kiedy konieczna jest współpraca, ludzie samolubni zostaną wytępieni. Pozostają ci, którzy są bardziej skłonni się dzielić.

Mamy szczęście, że ocalali pracowali razem. Ja, wy, wszyscy nasi znajomi – ci, którzy byli przed nami, każdy, kto może nadejść po nas – jesteśmy tu dlatego, że ludzie żyjący w czasach Toby znaleźli sposób na przetrwanie erupcji i jej długich mroźnych następstw. Bez ich zaradności historia człowieka mogła się skończyć na jednym z pierwszych rozdziałów. Wyginięcie było zupełnie możliwe.

Przez 3,8 miliarda lat istnienia życia na Ziemi wymieranie było regułą, a nie wyjątkiem. Niektóre gatunki wyginęły przez choroby, inne przez drapieżniki, jeszcze inne w wyniku ewolucji, gdy stopniowo ustępowały następcom lepiej przystosowanym do otoczenia. Naukowcy nazywają to „wymieraniem tła”. Według szacunków odbywa się ono w tempie jednego do pięciu gatunków na rok [19] – to z biologicznego punktu widzenia norma. Ale pięć razy w historii naszej planety życie ustępowało pod naporem wielkich przypadków wymierania, fal śmierci, które prowadziły do wygubienia połowy albo nawet więcej gatunków żyjących wówczas na świecie. Był to koniec świata – z powtórkami.

Zagłada dinozaurów po upadku asteroidy Chicxulub jest dziś tak dobrze znana, że gdy wyobrażamy sobie masowe wymieranie, myślimy natychmiast o płonącej skale z hukiem spadającej z nieba. Ale w dziejach Ziemi wulkany spowodowały znacznie więcej przypadków wyginięcia niż cokolwiek pochodzącego z kosmosu. Mogły wśród nich być nawet dinozaury –

według niektórych naukowców uderzenie asteroidy tylko przyspieszyło skutki właśnie trwających erupcji olbrzymich wulkanów na położonym w Indiach terenie zwanym dziś trapem dekańskim i dopiero połączenie tych dwóch katastrof spowodowało globalne ochłodzenie zabójcze dla wszelkiego życia [20]. Wiemy jednak na pewno, że największe masowe wymieranie w dziejach Ziemi – które wyniszczyło siedemdziesiąt pięć procent życia na lądzie oraz dziewięćdziesiąt procent w oceanach, wydarzenie tak straszliwe, iż nazwano je wielkim wymieraniem – było skutkiem aktywności wulkanicznej [21]. Nie mówimy tu o byle jakich wulkanach, ale o erupcjach, przy których Toba wygląda jak kapiszon.

Trapy syberyjskie to dziś olbrzymie równiny oraz płaskowyże pokrywające wielką część północnej Rosji. Pod trawą zalega tam jednak około dwóch i pół miliona kilometrów kwadratowych bazaltu, schłodzonych pozostałości erupcji, która wywróciła ziemię na lewą stronę. Około trzystu tysięcy lat przed początkami wielkiego wymierania na powierzchnię zaczęły wypływać kolosalne ilości lawy, wystarczające, by pokryć kontynentalną część Stanów Zjednoczonych warstwą magmy o grubości ośmiuset metrów [22]. Jednak w przeciwieństwie do Toby nie była to pojedyncza potężna eksplozja, ale raczej wypływ – tak zwana wielka pokrywa lawowa. Przez setki tysięcy lat ze skorupy ziemskiej wypłynęło prawie trzy miliony kilometrów sześciennych lawy. Gdy płynąca pod ziemią magma dosięgnęła olbrzymiego pokładu węgla na dzisiejszej Syberii, rozgorzał rozszalały pożar, uwalniający wielkie ilości węgla do atmosfery. Zastrzyk gazów cieplarnianych niewiarygodnie przyspieszył zmiany klimatyczne, zwłaszcza w oceanach, w których temperatury wzrosły nawet o dziesięć stopni Celsjusza [23].

Żywe organizmy zwyczajnie nie były w stanie się przystosować. W geologicznym mgnieniu oka Ziemia zmieniła się z planety gościnnej we wrogą.

Jak pisze Peter Brannen w swojej doskonałej książce *The Ends of the World*, nagle urwała się ciągłość skamielin. Trzeba było dziesięciu milionów lat, żeby życie na Ziemi zaczęło się odradzać [24].

O ile Toba niemal doprowadziła do zagłady ludzkości, o tyle wielkie wymieranie o mały włos nie przerwało historii życia w ogóle. W obu przypadkach zaczęło się od wulkanu – co przypomina nam, jak pisał historyk Will Durant, że: „Cywilizacja istnieje za przyzwoleniem geologii, a owo przyzwolenie może zostać cofnięte bez ostrzeżenia". Nie ma na Ziemi takiej siły przyrody, która stanowiłaby dla ludzkości większe egzystencjalne zagrożenie niż superwulkan.

Nie ma w zasadzie możliwości, żeby na Ziemi pojawiła się kolejna pokrywa lawowa podobna do tej, która spowodowała wielkie wymieranie – przynajmniej w ciągu następnych dziesięciu–stu milionów lat. Superwulkany takie jak Toba wybuchają jednak częściej. Erupcja na Sumatrze nie jest nawet najbliższa naszym czasom. Około dwudziestu sześciu i pół tysiąca lat temu wulkan Taupo na Nowej Zelandii wybuchł z siłą ośmiu punktów w skali VEI, wyrzucając w powietrze tysiąc kilometrów sześciennych materiałów piroklastycznych [25], a więc trochę ponad jedną trzecią tego, co Toba.

Wybuch Taupo dzieli od wybuchu Toby około pięćdziesięciu tysięcy lat. W skali ludzkiej – prawie wieczność. Dość czasu, żeby powtórzyć dzieje cywilizacji, i to kilka razy. Ale czas geologiczny biegnie zupełnie inaczej niż ludzki. Dla geologów pięćdziesiąt tysięcy lat temu to jak wczoraj. Albo mówiąc dokładniej, gdyby całą historię planety zawrzeć w jednym dniu – to zaledwie sekunda.

Geolodzy rozumieją bezkresny ogrom dziejów Ziemi, liczących miliardy lat – ale niewielu z nas jest geologami. Jesteśmy więźniami krótkich horyzontów czasowych naszych własnych przeżyć. To, co zdarzyło się w odle-

głej przeszłości albo co mogłoby się zdarzyć w odległej przyszłości, nie ma wielkiego wpływu na nasze życie, trwające siedem, osiem albo dziewięć dziesięcioleci, które poczytujemy sobie za wielkie szczęście. Rodzimy się, dorastamy i umieramy jakby w tym samym punkcie, nieświadomi otaczającego nas bezkresu.

– Niech pan pomyśli o jętce, która żyje jedno popołudnie nad górskim potokiem – mówi Jake Lowenstern, geolog pracujący w Urzędzie Geologicznym Stanów Zjednoczonych (U. S. Geological Survey, USGS). – Jętka nie wierzy w noc, grad, zimę ani lód. Nigdy nie widzi niczego, co nie jest światłem albo wodą, więc czemu miałaby wierzyć w cokolwiek innego? Z nami jest tak samo.

To, że jętka nie dożywa gradu ani zimy, nie znaczy, że ich nie ma, tak jak to, że my nigdy nie widzieliśmy supererupcji, nie oznacza, iż nie może nas ona dotknąć w przyszłości. Ludzie nie są jętkami – dzięki praktykowaniu nauki udało nam się sięgnąć najdalszych zakątków przeszłości i galaktyki. Ale ludzka psychika to zupełnie inna kwestia. Nasz gatunek miał przez ostatnie dziesięć tysięcy lat to szczęście, że rozwijał się w stabilnym środowisku, nieskażonym – mimo normalnych trzęsień ziemi, huraganów, susz, powodzi – megakatastrofą zdolną wyzerować naszą cywilizację albo nawet zagrozić nam wyginięciem. Nasz brak zdolności spojrzenia poza wąskie granice ludzkiej historii – wspomniana wcześniej heurystyka dostępności – narzuca nam ślepe punkty, przez które pozostajemy narażeni na różne niezwykle rzadkie, lecz ekstremalnie zabójcze zagrożenia egzystencjalne, w tym superwulkany.

Zakładamy, że nasze doświadczenia są normą, że wczoraj było takie jak dziś i jutro też będzie. Ale nasze przeżycia, przynajmniej jak do tej pory – czy to jako jednostek, czy jako gatunku – nie są w żadnym razie wyjątkowe. W skali czterech i pół miliarda lat istnienia naszej planety ludzkie

doświadczenia to tylko mikroskopijna, przypadkowa próbka, która mówi o potencjale Ziemi nie więcej, niż parę przypadkowych sekund powiedziałoby o całym życiu człowieka. Aby zatem ochronić się przed superwulkanami i innymi zagrożeniami egzystencjalnymi, musimy zrozumieć, że nasze przeżycia nie są normą – musimy wyjrzeć poza ich ramy, musimy patrzeć jak geolog.

Jak bardzo więc zagraża nam dziś supererupcja? Zanim do tego przejdziemy, warto najpierw poznać wyboistą historię słowa „superwulkan". Nie jest to do końca termin naukowy. Po raz pierwszy w publikacji geologicznej pojawił się dopiero w 2002 roku, w artykule R. B. Trombleya, hochsztaplera, który przekonał ludzi, że jest wykwalifikowanym geologiem i potrafi przewidywać erupcje wulkanów (jego szwindel wyszedł na jaw po wybuchu islandzkiego wulkanu Eyjafjallajökull w 2010 roku). Jako pojęcie zaczął robić karierę w 2005 roku, po emisji fabularyzowanego dokumentu BBC i Discovery o hipotetycznej erupcji w Parku Narodowym Yellowstone w USA, zatytułowanego oczywiście *Superwulkan – scenariusz katastrofy*. Film i jego tytuł okazały się tak popularne, że geolodzy, chcąc nie chcąc, w zasadzie musieli zacząć używać tego terminu. Zawodowi wulkanolodzy wciąż wolą mówić o „supererupcji", ale w praktyce oba pojęcia oznaczają to samo.

Na Ziemi jest około dwudziestu znanych superwulkanów[26], a gdyby którykolwiek z nich miał eksplodować z pełną mocą, skutki byłyby niesamowite – i niesamowicie niszczycielskie. Autorzy raportu przygotowanego w 2005 roku dla Londyńskiego Towarzystwa Geologicznego przedstawiają to tak: gdyby superwulkan wybuchł na Trafalgar Square w centrum Londynu, pokryłby *przynajmniej* całe miasto razem z przedmieściami warstwą magmy o grubości ponad dwustu metrów[27]. Od wszystkiego innego, co może nam zrobić Ziemia – tsunami, trzęsień ziemi, huraganów – superwul-

kany odróżnia jednak ich zdolność do osiągnięcia prawdziwie globalnego zasięgu. To, co zdarzyło się po Tobie, może się powtórzyć – pył i siarka wyrzucone przez supererupcję mogą sięgnąć stratosfery, a potem, jeśli wulkan jest właściwie położony i wybucha z dostateczną mocą, rozprzestrzenić się na cały świat, przesłaniając światło słoneczne i wywołując globalną zimę. Erupcja superwulkanu na Trafalgar Square byłaby fatalna dla Londynu, ale odczuwalna wszędzie na Ziemi.

Ponieważ ostatni superwulkan wybuchł dziesiątki tysięcy lat temu, naukowcy rekonstruują możliwe następstwa supererupcji za pomocą technik paleoklimatologii i modeli komputerowych. Nie są to jednak dokładne symulacje, więc pozostaje trochę przestrzeni do debaty – także na temat Toby. O ile modele Alana Robocka sugerowały, że po tamtym wybuchu temperatury na Ziemi spadły nawet o dziesięć stopni, o tyle Claudia Timmreck z Instytutu Meteorologicznego imienia Maxa Plancka w Niemczech stwierdziła w artykule z 2010 roku, że ochłodzenie mogło być znacznie mniejsze, średnio może nawet tylko o trzy stopnie albo trzy i pół [28]. To wciąż oznaczałoby niezwykle mroźną pogodę – różnica jest jak między zimą w Bostonie a zimą w Waszyngtonie – jednak zdaniem Timmreck ochłodzenie nie było „wystarczająco duże, by poważnie wpłynąć na przetrwanie współczesnego gatunku ludzkiego”.

Naukowcy próbują też zgromadzić znaleziska archeologiczne pochodzące z czasów erupcji, by lepiej zrozumieć, jak wpłynęła na ówczesnych ludzi. Według artykułu opublikowanego w 2018 roku w „Nature” badacze prowadzący wykopaliska na klifie przy miasteczku Mossel Bay na południowym wybrzeżu RPA odkryli warstwę mikroskopijnych kawałków szkła, tak zwanej kryptotefry, pochodzących z Toby [29]. To dowód, że pył z wulkanu dotarł nawet na południe Afryki, ponad osiem i pół tysiąca kilometrów od Sumatry. Równie ważne były kości, narzędzia i inne ślady ludz-

kiej bytności odkryte zarówno nad, jak i pod warstwą kryptotefry. Przynajmniej w tym osiedlu prehistoryczni ludzie nie ucierpieli zbytnio w wyniku wybuchu odległego wulkanu. Nawet więcej: zaczęło wręcz przybywać dowodów ludzkiej obecności w latach po supererupcji.

Archeolożka z Uniwersytetu Cambridge Sacha Jones odkryła w wioskach południowych Indii kamienne narzędzia, osiadłe po obu stronach warstwy kryptotefry z Toby – kolejny dowód, że życie w ludzkich osadach w tym rejonie nie zostało zbyt mocno zakłócone eksplozją. Usłyszałem od niej, że odkryła osady geologiczne pozostałe po wybuchu wulkanu, gdy odszukała wsie wydobywające i sprzedające dziś popiół – według jej słów „jaskrawo biały, żwirowaty, szorstki” – jako peeling do skóry.

Wyniki tych badań wcale nie muszą oznaczać, że nasi przodkowie po prostu przeszli nad Tobą do porządku dziennego. Osiedla podobne do tych odkrytych w Indiach przez Jones mogły należeć do nielicznych schronień, w których zwierzęta – w tym ludzie – znalazły bezpieczniejsze warunki podczas katastrofy. Ale warunki poza nimi były zapewne znacznie surowsze.

– Przekonamy się, że Toba miała bardzo różny wpływ na różne regiony świata, szczególnie negatywny tam, gdzie miejscowa ludność znajdowała się w trudnej sytuacji – mówi Jones. – Jeśli ktoś radził sobie dobrze, to może nic mu się nie stało. Ale jeśli ktoś i tak był zagrożony, jeśli nie było dobrych warunków do przetrwania, to miał kłopoty.

Każda próba odtworzenia świata sprzed siedemdziesięciu czterech tysięcy lat okaże się siłą rzeczy niedokładna niezależnie od tego, czy naszym narzędziem będzie model komputerowy, czy łopaty archeologów. Podobnie każda próba przewidzenia, co dokładnie stałoby się, gdyby superwulkan wybuchł dzisiaj, jest skazana na niemal taki sam brak precyzji. To normalne, gdy zajmujemy się zagrożeniami egzystencjalnymi. Przyglądamy

się podobnym sytuacjom z przeszłości, by podjąć próbę prognozy wydarzeń mogących dopiero nadejść, ale z definicji są to niebezpieczeństwa na poziomie nam nieznanym.

O ile w zapisanej historii ludzkości nie doświadczyliśmy supererupcji, o tyle zdarzyło nam się do niej zbliżyć, i to nawet bardziej niedawno, niż mogłoby się wydawać. To, co zdarzyło się potem, pomoże nam zrozumieć, dlaczego superwulkan jest zagrożeniem egzystencjalnym nieporównywalnym z żadnym innym.

Położona na wyspie Sumbawie Tambora należała niegdyś do najwyższych szczytów Indonezji, choć nigdy nie będziemy mieli pewności, jakiej wysokości sięgała, bo 5 kwietnia 1815 roku wyleciała w powietrze. W książce *Tambora. The Eruption That Changed the World* historyk Gillen D'Arcy Wood pisze: „olbrzymie pióropusze dymu unosiły się z góry przez trzy godziny, aż ciemna mgła pyłu zaczęła się mieszać z naturalną ciemnością, jakby ogłaszając koniec świata" [30]. Erupcja trwała wiele dni. Całe wsie zostały unicestwione przez ogień, pył i wiatry o huraganowej sile. Natychmiast zginęło około dziesięciu tysięcy ludzi mieszkających w okolicy wulkanu [31].

Siła wybuchu wywołała fale tsunami, które pogalopowały przez morze. Nawet ci, którzy mieszkali z dala od Tambory, słyszeli grzmot erupcji, ciągnącej się z przerwami dzień za dniem. Sir Stamford Raffles, brytyjski imperialista, założyciel współczesnego Singapuru, donosił, że nakazano mobilizację oddziału wojska, ponieważ urzędnicy byli pewni, że źródłem huku musiały być armaty. Pisał również, że według miejscowych Indonezyjczyków dźwięk dochodził nie z pola bitwy, ale ze starcia diabła z duszami ich zmarłych przodków [32].

Tak naprawdę byli świadkami erupcji o sile siedem w skali VEI. To jeden poziom poniżej superwulkanu, jednak wciąż dość, by uczynić z Tambory najpotężniejszy wybuch wulkanu od czasu wynalezienia pisma. Do atmosfery trafiło ponad czterdzieści kilometrów sześciennych pyłu, gazów oraz magmy, sama zaś góra straciła około dwóch trzecich wysokości [33]. W dniach następujących po erupcji Sumbawę przykryła warstwa toksycznych wulkanicznych popiołów, dusząca pola ryżowe i zatruwająca ujęcia wody. Wielu wyspiarzy, którzy przeżyli sam wybuch, zginęło w ciągu kilku tygodni z powodu chorób i głodu, zwiększając liczbę ofiar do około stu tysięcy. W ten sposób erupcja Tambory stała się nie tylko najsilniejszą, ale też najbardziej zabójczą erupcją wulkanu znaną ludzkości [34].

Jednak nie był to jeszcze koniec. Gdy chmura popiołów z Tambory zaczęła się roznosić nad Azję Południowo-Wschodnią, w całym regionie zapadły ciemności. Przez wiele tygodni brytyjscy urzędnicy kolonialni musieli pracować przy świecach nawet w ciągu dnia [35]. Obłok – mający ponad czterdzieści trzy kilometry wysokości [36] – był niesiony wiatrami stratosferycznymi, aż jego wpływ dał się odczuć na całym świecie. Podobnie jak po wybuchu Toby, popioły i siarczany w atmosferze zmniejszyły ilość światła słonecznego docierającą na powierzchnię Ziemi, co wywołało globalne ochłodzenie. Średnia temperatura spadła w latach 1810–1819 o półtora stopnia, była to najchłodniejsza dekada w historii [37]. Mogłoby się wydawać, że to niewielki spadek – znacznie większych wahań temperatury można doświadczyć w ciągu przeciętnego dnia – ale za średnią skrywają się skrajności, które przyniosły głód i śmierć.

W Nowej Anglii 1816 rok zapamiętano jako „rok bez lata” albo „tysiąc osiemset zamarznięty” [38]. W całej Europie poziom opadów był znacznie wyższy niż normalnie, a podtopione plony gniły na polach. Obniżył się poziom atmosfery ziemskiej, zmniejszając temperaturę i pogarszając i tak

już oszalałą pogodę. W Albany w stanie Nowy Jork w czerwcu spadł śnieg, a w Europie chmura popiołów zabarwiła późne wiosenne zamiecie na brązowo i czerwono. Zmienił się nawet zachód słońca, bo przebijające się przez pył światło nabierało ognistych czerwieni i pomarańczów uwiecznionych w dziełach współczesnych malarzy takich jak Anglik William Turner [39]. Wood wspomina o szkockim meteorologu George'u Mackenziem, który zapisywał pochmurne dni nad Wyspami Brytyjskimi w pierwszych dziesięcioleciach XIX wieku.

– W 1816 roku nie było ani jednego słonecznego dnia – mówi Wood. – Ani jednego.

Mrok po Tamborze zainspirował lorda Byrona do napisania wiersza *Ciemność*, w którym pojawiają się wersy:

> Zdało mi się, że nagle zagasnął blask dzienny […],
> Ranki weszły, minęły, ale dnia nie było [40].

Jeszcze ważniejsza dla literatury okazała się powieść Mary Shelley *Frankenstein*, napisana w 1816 roku podczas lata, którego nie było. Mary, jej kochanek (i przyszły mąż) Percy Shelley oraz lord Byron ze swoją kochanką Claire Clairmont i lekarzem Johnem Williamem Polidorim zostali zmuszeni przez fatalną pogodę do szukania rozrywek w pokojach willi Byrona nad Jeziorem Genewskim. Gospodarz zaproponował, żeby opowiadali sobie historie o duchach. Z tego wieczoru zrodził się *Frankenstein*, metaforycznie ilustrujący inne zagrożenie egzystencjalne – sztuczną inteligencję.

O ile jednak ciągły mróz i deszcz były niewygodne dla bogaczy, o tyle biedotę dziesiątkowały. Przez Europę przewalały się epidemie tyfusu plamistego, który w samej Irlandii zabił sto tysięcy ludzi [41]. Plony na Wyspach Brytyjskich zmniejszyły się nawet o siedemdziesiąt pięć procent. W Szwaj-

carii – dziś jednym z najbogatszych krajów świata – z głodu umierały całe rodziny. W Chinach chłopi ssali białą glinkę, żeby powstrzymać głodowe skurcze żołądka, niektórzy nawet sprzedawali dzieci w niewolę w nadziei, że przynajmniej nowi panowie dadzą im coś do jedzenia. W końcu istnieje los gorszy od niewolnictwa.

– Od Indonezji po Szwajcarię ludzie zabijali siebie i dzieci, żeby oszczędzić im powolnej śmierci z głodu – tłumaczy Wood.

Nic dziwnego, że historycy przedstawiają lata 1816–1819 jako ostatnią wielką klęskę głodu w świecie zachodnim [42].

Tambora zmieniła historię świata nie tylko za sprawą sztuki i śmierci. Emigracja do Stanów Zjednoczonych gwałtownie przyspieszyła – w 1817 roku w amerykańskich portach pojawiło się ponad dwa razy tyle przybyszów z Europy, co rok wcześniej. Zdesperowani rolnicy w Nowej Anglii porzucali swoje grunty i ruszali na zachód w poszukiwaniu lepszego klimatu. Tylko ze stanu Vermont w latach 1816 i 1817 wyemigrowało dziesięć–piętnaście tysięcy ludzi, dwa razy tyle, co normalnie [43]. Postwulkaniczny głód okazał się tak okropny, że być może przyczynił się do przekonania leseferystycznych rządów Europy do aktywnej reakcji na klęski żywiołowe.

– Był to początek świadomości, że rząd jest odpowiedzialny za swoich obywateli w czasach kryzysu – mówi Wood. – Dla nas to oczywiste, ale wtedy ta zasada jeszcze w ogóle nie istniała.

Historia roku bez lata to lektura przerażająca i fascynująca zarazem, ale ważne jest pytanie: czy nasz świat spotkałby ten sam los w przypadku wybuchu kolejnego wulkanu o sile siedem w skali VEI, o rozmiarach zbliżonych do Tambory – nie mówiąc już o superwulkanach?

Pod pewnymi względami z pewnością mielibyśmy lepiej. W 1815 roku większość ludzi wciąż utrzymywała się z rolnictwa, a więc jedna klęska

nieurodzaju wystarczyła, by postawić ich w niebezpiecznej sytuacji. Światowy handel odbywał się tylko na ograniczoną skalę, nie dało się zatem łatwo przewieźć jedzenia z miejsc mniej dotkniętych wulkanicznym mrozem do tych, które go potrzebowały. Nie było Czerwonego Krzyża, Światowej Organizacji Zdrowia ani niczego podobnego. Instytucje i bogactwo, które amortyzują współczesny świat – a przynajmniej jego rozwiniętą część – na wypadek najgorszych katastrof, jeszcze nie istniały.

Wszystkie nasze bogactwa oraz zaawansowane technologie nie oznaczają jednak, że pewne aspekty nowoczesnego życia nie czynią nas nawet bardziej wrażliwymi od naszych przodków na konsekwencje podobnej katastrofy. Światowy handel osłabiłby cios, ale po części jest uzależniony od lotnictwa, a jak widzieliśmy w 2010 roku po erupcji Eyjafjallajökull, nawet mały wulkan, o sile cztery w skali VEI, potrafi zahamować ruch powietrzny, jeśli wybuchnie w niewłaściwym miejscu i niewłaściwym momencie. Pył wulkaniczny może być równie toksyczny dla silników, co dla płuc. Eyjafjallajökull uziemił linie lotnicze Europy na wiele dni, co kosztowało światową gospodarkę prawie pięć miliardów dolarów [44].

Bogactwo stworzone przez globalizację doprowadziło też do specjalizacji, pogłębiając kryzys, jakim jest każde długotrwałe zaburzenie handlu międzynarodowego. Mój irlandzki praprapraprapradziadek wiedział, jak uprawiać pole, bo musiał mieć co jeść. Ja nie mam pojęcia.

– Nawet erupcja na poziomie Tambory spowodowałaby prawdziwe problemy – mówi Bill McGuire, brytyjski wulkanolog i specjalista od katastrof naturalnych. – To wyjątkowo niepokojące, bo do podobnych wydarzeń może dochodzić nawet raz na kilkaset lat.

Ludzka historia była wielokrotnie naznaczana wybuchami wulkanów o podobnej skali. W 1257 roku wybuchł wulkan Samalas na wyspie Lombok w Indonezji, obniżając temperaturę na świecie i przyczyniając się do

nadejścia tak zwanej małej epoki lodowcowej – okresu nietypowego ochłodzenia klimatu, który trwał od XIV do XIX wieku. Podobnie jak po Tamborze, chłód i ulewne deszcze zniszczyły plony w Europie – archeolodzy odkryli w Anglii masowe groby na ponad dziesięć tysięcy szkieletów pochodzące z roku po erupcji. Pewien angielski mnich pisał, że w 1258 roku panowało „tak nieznośne zimno, iż skuło oblicze ziemi, surowo dotykając biedotę, wstrzymując wszelkie uprawy". Część historyków sugeruje nawet, że zmiany klimatyczne wywołane przez Samalas przyspieszyły upadek zarówno Bizancjum, jak i imperium Mongołów [45].

Naukowcy powiązali jeszcze dawniejsze erupcje wulkaniczne ze zmniejszeniem przepływu Nilu, co mogło doprowadzić do buntów i wojen w ptolemejskim Egipcie [46]. W 2018 roku tygodnik „Science" orzekł, że 536 rok był „najgorszym rokiem do życia", głównie za sprawą olbrzymiej erupcji wulkanu na Islandii, przez którą temperatury spadły bardziej niż po Tamborze, czego następstwem były wielkie klęski głodu oraz straszliwa dżuma Justyniana – epidemia, która zabiła może nawet połowę ludności cesarstwa bizantyjskiego i przyspieszyła jego upadek [47].

– Mamy polityczne niepokoje, które biorą się pozornie znikąd, ale wiążą się z erupcjami wulkanicznymi – wyjaśnia David Pyle, wulkanolog z Uniwersytetu Oksfordzkiego. – To sugeruje, że zmiany wywołane przez wulkany mogły mieć całkiem dramatyczne konsekwencje.

W 2018 roku Alan Robock, przy współpracy Stephena Selfa i Chrisa Newhalla – doświadczonych wulkanologów, współautorów skali VEI – publicznie przestrzegł, że świat nie jest gotowy na wulkany rozmiarów Tambory i Samalas [48]. Przed 26 grudnia 2004 roku niewiele osób w Indonezji albo Sri Lance martwiło się zagrożeniem ze strony wielkich fal tsunami, bo żadna nie uderzyła za ludzkiej pamięci – podobnie świat nie zrobił wiele, by przygotować się na wybuch wulkanu o sile siedem w skali VEI,

bo nikt z nas niczego takiego nie przeżył. Ale do erupcji Tambory doszło zaledwie dwieście lat temu – dla nas to niepamiętna przeszłość, w skali geologicznej w zasadzie nic. Erupcje o takiej mocy zdarzają się średnio co kilkaset lat, co oznacza, że kolejna może nadejść już niedługo. A jednak świadomość zagrożenia jest niemal zerowa.

– Musimy pokonać ludzką tendencję do niezajmowania się problemami, które nie są jeszcze boleśnie oczywiste – mówi Newhall.

Tambora i inne erupcje tej kategorii uczą nas, że wulkany mogą mieć skutki globalne, utrzymujące się jeszcze długo po ustaniu wybuchów. Wywołana przez nie zmiana klimatu może przynieść głód, olbrzymie ruchy uchodźcze, nawet rewolucje. Nie możemy powstrzymać wybuchu wulkanu – przynajmniej na razie. Ale możemy określić, jak nasze społeczeństwo zareaguje na szokującą katastrofę, czy to superwulkaniczną, czy z innego źródła.

– Tambora to poglądowa lekcja o tym, jak stworzone przez człowieka systemy wpływają na konsekwencje kryzysu klimatycznego dla ludzi – stwierdza Wood. – Skrajność tego wydarzenia nałożyła się na słabość ludzkiej wspólnoty. W rezultacie nastąpiła katastrofa.

Czy poradzimy sobie lepiej, gdy nadejdzie czas próby? A co, jeśli będzie to test jeszcze trudniejszy od następstw Tambory?

Michel Poland jest naukowcem stojącym na czele Obserwatorium Wulkanicznego Yellowstone, zarządzanego przez USGS. W rozmowie ze mną postawił sprawę jasno: nie prowadzi programu ukrywania dowodów końca świata. Yellowstone to nie tylko najstarszy park narodowy w USA, znajduje się tu też najgroźniejszy superwulkan na świecie. W ciągu ostatnich 2,1 miliona lat doszło tutaj do trzech supererupcji, a cały system wciąż jest bardzo aktywny, czego dowodzą wspaniałe gejzery, tryskające codziennie ku

uciesze przeszło czterech milionów turystów rocznie [49]. Seria drobnych trzęsień ziemi, która nawiedziła w 2017 roku okolice Yellowstone, ściągnęła więc uwagę zarówno mediów, jak i zwolenników teorii spiskowych. Jako naczelny wulkanolog parku to właśnie Poland musiał zapewniać wszystkich pytających, że wstrząsy nie świadczą o zbliżającym się wulkanicznym końcu świata. Nie znaczy to, że przekonał każdego.

– W społeczeństwie zawsze jest spora grupa, która chce wierzyć w najczarniejszy scenariusz – mówi Poland.

W przypadku Yellowstone najczarniejszy scenariusz nie przypominałby niczego, co wydarzyło się na planecie przez ostatnie kilkadziesiąt tysięcy lat. Park jest położony na tak zwanej plamie gorąca, ponad pióropuszem magmy wznoszącej się z głębin płaszcza Ziemi jak woda wciągana przez słomkę. Wypełnia ona płytki kocioł stopionej skały zaraz pod powierzchnią. Grunty w Yellowstone unoszą się przez to i opadają, jakby sama Ziemia tu oddychała. Gdy ten zbiornik się przepełni, może dojść do erupcji. W centrum parku znajduje się kaldera, taka jak ta, którą wypełnia dziś jezioro Toba. Ma wymiary czterdzieści pięć na siedemdziesiąt pięć kilometrów [50]. To wyrwa pozostawiona po ostatniej supererupcji Yellowstone przed sześciuset czterdziestoma tysiącami lat, która wyrzuciła około tysiąca kilometrów sześciennych materiałów piroklastycznych. Sama lawa pokryła wówczas 4,4 tysiąca kilometrów kwadratowych, czyli obszar większy niż powierzchnia stanu Rhode Island. Osady popiołów wulkanicznych z tej erupcji znaleziono nawet w dzisiejszych stanach Iowa, Luizjana i Kalifornia [51].

Komora magmowa pod powierzchnią Yellowstone napełnia się cały czas. Któregoś dnia pierwszy park narodowy Ameryki może się stać jej pierwszym superwulkanem [52]. Zaczęłoby się to od serii coraz poważniejszych trzęsień ziemi, świadczących o tym, że magma zbliża się ku

powierzchni. Rosnące ciśnienie w końcu wystrzeliłoby magmę na powierzchnię jak szampana tryskającego z dobrze potrząśniętej butelki. Tytaniczna erupcja cisnęłaby toksyczne wnętrzności Ziemi w powietrze. Trwałaby wiele dni, pokrywając obszar w promieniu sześćdziesięciu pięciu kilometrów warstwą lawy.

Trzęsienia ziemi na szczęście przestrzegłyby zwiedzających i pracowników parku o zagrożeniu już kilka tygodni wcześniej (właśnie dlatego Obserwatorium Wulkaniczne Yellowstone to tak naprawdę obserwatorium trzęsień ziemi). Cała okolica przestałaby jednak istnieć w znanym nam kształcie. Podobnie jak przy poprzednich erupcjach, prawdziwym zagrożeniem egzystencjalnym byłyby popioły, lawa i wulkaniczne gazy wyrzucone w powietrze z siłą tysiąca bomb atomowych z Hirosimy [53], wystarczającą, by osiągnęły wysokość dwudziestu czterech kilometrów.

Wulkanolog z USGS Larry Mastin opracował model supererupcji Yellowstone. Wynikło z niego, że Góry Skaliste zostałyby przykryte nawet metrem wulkanicznych pyłów, pod którymi zadusiłyby się olbrzymie połacie stanów Kolorado, Wyoming i Utah. Na sporą część stanów nad Wielkimi Jeziorami spadłoby kilka centymetrów popiołów, niczym czarny deszcz, pogrążając cały region w ciemnościach – choć szczegóły zależałyby od panującej pogody. W dniach następujących po erupcji, gdy wielka chmura pyłu zaczęłaby sięgać coraz dalej i dalej, jak rozkładająca się parasolka, proch zacząłby lądować nawet na wybrzeżach, gdzie mieszka większość Amerykanów [54].

– Z Yellowstone mogłoby się unieść coś bardzo podobnego do huraganu, coś o zasięgu niemal kontynentalnym – mówi Mastin.

Strumienie lawy są oczywiście gwiazdorami każdej erupcji, ale tak naprawdę wybuch wulkanu zabija za pomocą pyłu. Pył wulkaniczny nie przypomina w niczym popiołów pozostałych po ognisku ani strzepniętej

końcówki papierosa. Jest twardy, szorstki, składa się z drobniutkich ostrych kawałków skały i szkła. W kontakcie z żywą tkanką staje się żrący, po supererupcji Yellowstone szpitale zapełniłyby się ofiarami kaszlącymi krwią z płuc pociętych ziarnkami krzemianów.

„Topienie się w ciekłym betonie" – tak opisują to Marie Jones i John Savino w książce *Supervolcano* [55]. Ci, którym udało się uniknąć popiołu w powietrzu, wkrótce mieliby kłopot ze znalezieniem nieskażonej wody. Pyły wulkaniczne nie rozpuszczają się w niej, a więc jeśli spłyną ściekami do oczyszczalni, zadziałają jak taran, niszcząc mechanizmy i zapychając odstojniki.

Nagromadzony popiół wulkaniczny jest też bardzo ciężki. W stanach położonych najbliżej Yellowstone budynki zaczęłyby się walić pod jego ciężarem, tak jak po katastroficznej śnieżycy – tylko że do załamania dachu wystarczyłoby zaledwie dziesięć centymetrów popiołu, a po supererupcji opadłoby go znacznie więcej [56]. Spadający z nieba pył zrywałby linie energetyczne i telefoniczne, niszczyłby elektrownie – może nawet doprowadziłby do upadku całej sieci, gdyby zawalił transformatory, od których zależy dystrybucja prądu. Zerwane kable można wymienić w ciągu kilku godzin, ale zastąpienie uszkodzonego transformatora może potrwać nawet dwa lata [57]. Gdyby opady popiołu z Yellowstone zniszczyły dużą część spośród dwóch tysięcy stu transformatorów w USA, wielkie połacie kraju mogłyby pozostawać w ciemnościach przez bardzo długi czas.

A podczas walki z powszechnym długotrwałym brakiem prądu zmagalibyśmy się też zapewne z załamaniem zaopatrzenia w żywność. Wystarczy kilka centymetrów popiołu, by zabić plony na polach. Gdyby Yellowstone wybuchł wiosną albo latem, w ciągu kilku dni mógłby przepaść cały plon amerykańskiej kukurydzy albo soi. Jeśli popiół zawierałby dostatecznie dużo trujących fluorków, nawet centymetr wystarczyłby do skażenia

pastwisk. Karmionym zanieczyszczoną w ten sposób trawą zwierzętom groziłaby okropna śmierć wskutek zablokowania przewodu pokarmowego, reszta w końcu padłaby z głodu lub pragnienia [58]. Zatruciu uległaby nawet ziemia; gleba pokryta dziesięcioma lub więcej centymetrami popiołu mogłaby stracić żyzność na kilkadziesiąt lat. Ach, a transport lotniczy w całym kraju zostałby uziemiony na całe tygodnie, chociaż wobec braku prądu, żywności i czystego powietrza odwołane loty byłyby zapewne najmniejszym z naszych problemów.

FEMA szacuje rozmiar szkód na terenie Stanów Zjednoczonych w przypadku erupcji superwulkanu Yellowstone na trzy biliony dolarów, czyli około szesnastu procent PKB kraju [59]. To ponad dwadzieścia razy więcej niż w przypadku huraganu Katrina, czyli najbardziej kosztownej klęski żywiołowej w historii Ameryki, która wyrządziła zniszczenia na kwotę stu dwudziestu pięciu miliardów dolarów oraz kosztowała życie prawie dwóch tysięcy osób [60]. Ale próba rozpisania rachunku za katastrofę o takiej skali to tylko zgadywanie, po części dlatego, że ten kraj nigdy nie doświadczył kataklizmu na skalę kontynentalną. Wszystkie dotychczasowe klęski żywiołowe – huragany, trzęsienia ziemi, powodzie – dotykały jedynie niewielkich obszarów USA, a więc niezagrożone tereny mogły przyjmować uchodźców z niebezpiecznych stref i wysyłać tam pomoc. Skutki erupcji superwulkanu byłyby odczuwalne w każdym zakątku kontynentalnej części Stanów Zjednoczonych.

– Po wybuchu Yellowstone, po opadzie popiołu, zobaczymy zagładę większości Środkowego Zachodu i USA w ogóle – mówi John Grattan, archeolog i specjalista od katastrof z Uniwersytetu Aberystwyth w Walii. – Skutki będą niewiarygodnie dramatyczne, na taką skalę, że rząd nie będzie już w stanie opanować sytuacji.

Byłyby też odczuwalne daleko poza granicami Stanów Zjednoczonych. W Ameryce Północnej uprawia się połowę zbóż na świecie, więc nawet tymczasowa utrata pasa rolnego na Środkowym Zachodzie mogłaby oznaczać światową klęskę głodu [61]. Wyjęcie trzech bilionów z gospodarki USA to przepis na krach finansowy, przy którym wielki kryzys wyglądałby jak drobne potknięcie.

Najbardziej trwały byłby jednak wpływ erupcji na klimat. W 2006 roku Claudia Timmreck i Hans-F. Graf przygotowali model zmian klimatycznych wywołanych wybuchem superwulkanu podobnego do Yellowstone. Ich wyniki sugerują, że zawiesiny wyrzucone przez wulkan rozprzestrzeniłyby się na cały świat, jeśli do katastrofy doszłoby latem. Temperatury na całym świecie szybko spadłyby nawet o dziesięć stopni, a powrót do normy mógłby zająć do dziesięciu lat [62]. Opady deszczu znacznie by się zmniejszyły, co wraz z ochłodzeniem mogłoby wystarczyć, by spowodować drastyczne wymieranie lasów tropikalnych. Zagładzie uległyby najbardziej produktywne siedliska dzikiej przyrody, a miliardy ton węgla zamkniętego w ich drzewach zostałyby uwolnione do atmosfery. To przyspieszyłoby globalne ocieplenie – niestety za późno, by zapobiec wulkanicznej zimie.

Szacuje się, że światowe zapasy jedzenia wystarczą dziś na mniej niż dwa i pół miesiąca [63], wkrótce musielibyśmy zatem podjąć wyścig z globalną klęską głodu. Najpierw zginęłoby osiemset milionów głodujących już dziś [64], ale nie byłoby na planecie miejsca, które nie zostałoby dotknięte. Jak pisze Hans-Peter Plag w raporcie przygotowanym w 2015 roku dla Europejskiej Fundacji na rzecz Nauki (European Science Foundation), byłaby to „najgorsza katastrofa od zarania dziejów cywilizacji” [65]. Nie bez powodu analiza przeprowadzona w 2017 roku przez Instytut Przyszłości Ludzkości Uniwersytetu Oksfordzkiego uznała superwulkany za naturalne

zagrożenie egzystencjalne o największym prawdopodobieństwie doprowadzenia do wyginięcia ludzkości [66].

– To zagrożenie absolutnie egzystencjalne – mówi David Pyle z Oksfordu. – Ogrom zniszczeń, cała kaskada zakłóceń, to wszystko byłoby niewyobrażalne.

Być może zastanawiają się teraz Państwo: jakie jest ryzyko, że naprawdę dojdzie do takich niewyobrażalnych zniszczeń? Tu na naszą korzyść działa geologiczna skala czasu. Prawdopodobieństwo supererupcji w Yellowstone w dowolnym roku wynosi jeden do siedmiuset trzydziestu tysięcy, czyli 0,00014 procent [67]. Jesteśmy do niej bliżej niż dalej, ale ów dzień – o ile nadejdzie – najprawdopodobniej wciąż dzielą od nas dziesiątki lub nawet setki tysięcy lat. Możliwe nawet, że zagrożenie ze strony Yellowstone ustępuje. Północnoamerykańska płyta litosfery powoli się przesuwa, przez co gorąca plama zasilająca wulkan napotyka coraz grubsze i chłodniejsze skały, wymagające więcej energii, żeby je przepalić, co spowalnia erupcję lub nawet eliminuje ryzyko, że do niej dojdzie.

Yellowstone należy do najbaczniej obserwowanych systemów wulkanicznych na świecie, więc jeśli zacznie dawać znaki, że przygotowuje się do supererupcji, wulkanolodzy z USGS tacy jak Poland niemal na pewno to zauważą – miejmy nadzieję, że przynajmniej kilka lat wcześniej. Ale na świecie jest wiele innych potencjalnych superwulkanów, a nie wszystkie mają własne obserwatoria. Właśnie dlatego w wydanym w 2005 roku raporcie wulkanolodzy proponowali stworzenie zajmującego się wulkanami odpowiednika Międzyrządowego Zespołu do spraw Zmian Klimatu – światowego naukowego organu, którego naukowcy spotykaliby się regularnie, by omawiać wyniki najnowszych badań dotyczących takich zagrożeń [68]. To mogłoby umieścić problem superwulkanów w świadomości publicznej, a jednocześnie wywarłoby presję na rządy, by stworzyły globalny system

monitorowania wulkanów, którego dzisiaj brakuje. Ponieważ wydajemy już ponad pięćdziesiąt milionów dolarów na śledzenie asteroid, logiczne byłoby przeznaczenie przynajmniej tej samej kwoty na znacznie groźniejsze zagrożenie (raport z 2005 roku ukazał się po części dlatego, że wulkanolodzy zazdrościli środków przeznaczonych na obronę przed asteroidami w latach dziewięćdziesiątych, gdy wszyscy pamiętali jeszcze *Armageddon* – konkurencja w nauce ma swoje dobre strony).

Hans-Peter Plag obliczył, że taki system monitorowania kosztowałby około trzystu siedemdziesięciu milionów dolarów rocznie. Dla porównania Stany Zjednoczone wydają na swój program badania zagrożeń wulkanicznych 22,3 miliona dolarów [69]. Plag uważa, że odpowiednio wczesne ostrzeżenie przed erupcją mogłoby ograniczyć liczbę ofiar śmiertelnych o połowę, bo mielibyśmy czas ewakuować wszystkich mieszkających w okolicy superwulkanu oraz przygotować się na trudy wulkanicznej zimy. Za pomocą tych samych równań, których używaliśmy w przypadku obrony przed asteroidami, badacz szacuje, że koszt spodziewanych zniszczeń oraz ofiar wynosiłby 1,1–7 miliardów dolarów rocznie, a więc korzyści z globalnego systemu obserwacji wulkanów byłyby osiemnaście razy większe niż jego koszt [70], już tylko dzięki ochronie przed najgorszymi z najgorszych wybuchów.

– Sądzę, że bardzo naiwnie jest myśleć, że skoro możemy sobie poradzić z małymi katastrofami, to damy też radę wielkim – uważa Plag. – Nie ma powodu sądzić, że jeśli ktoś przejdzie przeziębienie, to na pewno nic mu nie będzie, jeśli dostanie zapalenia płuc. Ale z wulkanami tak właśnie postępujemy.

W przeciwieństwie do uderzenia asteroidy nie potrafimy jeszcze zapobiec erupcji wulkanicznej. Ale chciałem wiedzieć, czy jest szansa, że to się zmieni – i tak trafiłem do Briana Wilcoxa. Brian to inżynier, od wielu lat

zatrudniony w NASA, gdzie pracował w grupie zajmującej się obroną planetarną. Dla Agencji oznacza to zapobieganie uderzeniom asteroid i innych obiektów pozaziemskich. Wilcox wykonał jednak obliczenia i doszedł do wniosku, że wulkany są znacznie poważniejszym – oraz bardziej prawdopodobnym – zagrożeniem egzystencjalnym od kosmicznych skał.

– Prawdopodobieństwo, że dwukilometrowa asteroida uderzy w Ziemię, bo taka kolizja byłaby potrzebna, by spowodować znaczące globalne ochłodzenie, jest od dwóch do dziesięciu razy mniejsze od ryzyka erupcji superwulkanu o podobnych następstwach – zauważa.

Ale mechanizmy działania asteroid są proste, przynajmniej dla inżyniera NASA, wulkanów – nie.

– Spora część pracy przy wulkanach to zgadywanie, co tak naprawdę się dzieje – mówi Wilcox. – Nie wiemy, jaka część komory magmowej w Yellowstone już się stopiła, nie wiemy, jaki jest w niej odsetek niestabilnych gazów, które mogłyby spowodować ochłodzenie.

Chodzi o to, że spadek temperatury po wybuchu superwulkanu zależy nie tylko od samego rozmiaru erupcji, ale też od ilości siarki w chmurze materiałów piroklastycznych. Więcej siarki to większe ochłodzenie.

To doskonały argument za przeznaczeniem większych sum na wulkanologię i obserwację. Wilcox popiera taki ruch. Ale NASA nie byłaby sobą, gdyby nie wymyśliła ambitnego (i kosztownego) inżynieryjnego projektu, który mógłby ocalić świat. I tak w 2015 roku Wilcox i jego koledzy z Laboratorium Napędów Rakietowych NASA opublikowali artykuł o skromnym tytule *Defending Human Civilization from Supervolcanic Eruptions* [71].

Z punktu widzenia Wilcoxa wulkany to w gruncie rzeczy generatory ciepła. Gejzery w Yellowstone powstają w wyniku gwałtownego rozgrzania wody przesączającej się do zbiornika magmy pod powierzchnią parku, później wyrzuconej na powierzchnię. Wilcox porównuje ten proces do zasady

działania perkolatora do kawy. Nie uwalnia się przy tym jednak całe ciepło. To, co jeszcze pozostało, gromadzi się w komorze magmowej, gdzie topi skały i siarkę, tworząc tym samym więcej magmy. Proces ten powtarza się, aż erupcja stanie się nieunikniona.

Wilcox i jego współpracownicy uważają, że najprostszym sposobem na powstrzymanie erupcji superwulkanu byłoby po prostu schłodzenie jego komory magmowej, żeby nigdy nie osiągnęła etapu erupcji. Można to zrobić, zwiększając ilość wody docierającej do komory. Zapewne powstrzymałoby to wybuch, a gejzery w Yellowstone uczyniło jeszcze bardziej widowiskowymi. Żeby jednak wywrzeć jakiekolwiek wrażenie na olbrzymim systemie wulkanicznym parku, trzeba byłoby olbrzymiej ilości wody, wystarczającej, by zapełnić jedno z Wielkich Jezior.

Wilcox proponuje zamiast tego wykonanie odwiertu na głębokość dziewięciu i pół kilometra, gdzie następnie będzie można zbudować rury przenoszące wodę wewnątrz komory magmowej. Ciecz wysysałaby ciepło z magmy i stopniowo schładzała cały system, obniżając temperaturę poniżej punktu erupcji. Cały projekt kosztowałby około trzech i pół miliarda dolarów, ale jako uboczną korzyść pozwoliłby na generację nieprodukującej dwutlenku węgla energii geotermalnej po konkurencyjnej cenie (elektrownie geotermalne wykorzystują parę z gorących podziemnych źródeł do napędzania turbin prądotwórczych).

– Yellowstone jest potężnym żywiołem dlatego, że przechowuje ciepło przez tysiące lat, a potem nagle eksploduje – mówi Wilcox. – Byłoby dobrze wyssać to ciepło, nim spowoduje wielkie szkody.

Możemy otwarcie powiedzieć, że jest kilka przeszkód. Przede wszystkim stosowane dziś techniki odwiertów ledwie wystarczają, by osiągnąć głębokość dziewięciu i pół kilometra, a tworzą wtedy dziury o średnicy mniej niż trzydziestu centymetrów, co ograniczałoby ilość wody, jaką

można by wpompować do komory magmowej [72]. Ekstremalne temperatury i żrące gazy pod powierzchnią Yellowstone byłyby groźne dla sprzętu wiertniczego. Ach, jeszcze jedna ważna sprawa – cały proces byłby tak powolny, że odpowiednie schłodzenie superwulkanu zajęłoby *dziesiątki tysięcy* lat. Jak mówi o planie Wilcoxa Jake Lowenstern z USGS:

– Wszystko to wydaje się trochę fantastyczne.

Oczywiście koncepcja Wilcoxa to eksperyment myślowy, a nie zatwierdzona przez NASA strategia ratowania świata. Nie ma większych szans, żeby została zastosowana w praktyce, ale warto ją rozważyć, bo trzeba do tego wykroczyć poza krótki ludzki horyzont czasowy i zacząć myśleć jak geolog. Jak mówi Wilcox:

– Jeśli ktoś chce bronić ludzkiej cywilizacji w takiej skali czasowej, to musi też w niej działać.

To właśnie czas czyni z superwulkanów tak trudne do pojęcia zagrożenie – czas i niepewność. Astrofizycy potrafią obliczyć tory orbitalne potencjalnie niebezpiecznych asteroid na najbliższe dziesięciolecia, ale o tym, co dzieje się pod naszymi stopami, wiemy o wiele mniej niż o przestrzeni kosmicznej. Dowiadujemy się jednak teraz rzeczy, które powinny nas martwić. Na podstawie badań geologicznych naukowcy szacują, że supererupcje zdarzają się przeciętnie co sto tysięcy lat [73]. Ale w wydanym w 2017 roku artykule profesor statystyki z Uniwersytetu Bristolskiego Jonathan Rougier przedstawił nowe wyliczenia, przewidujące, że do wybuchów superwulkanów dochodzi co pięć tysięcy dwieście–czterdzieści osiem tysięcy lat, a przeciętnie co jakieś siedemnaście tysięcy lat [74]. Ponieważ do ostatniej erupcji o sile osiem w skali VEI doszło ponad dwadzieścia sześć tysięcy lat temu, wydawałoby się, że mamy opóźnienie. Niekoniecznie – Ziemia nie działa według rozkładu. Oznacza to jednak – jak postuluje

Rougier w swoim artykule – że ludzka cywilizacja miała „trochę szczęścia, że nie doświadczyła żadnych supererupcji” [75].

Możliwe, że było go więcej, niż nam się wydaje. Naukowcy szacują ryzyko katastrof naturalnych takich jak erupcje superwulkanów albo uderzenia asteroid, głównie badając przeszłość i sprawdzając, ile razy doszło już do podobnego wydarzenia. Z definicji jednak nie jesteśmy w stanie dostrzec w ten sposób katastrofy tak potężnej, że zniszczyłaby ludzkość za naszego istnienia albo wcześniej przerwała ciąg ewolucyjny prowadzący do powstania *Homo sapiens*. Nie jest tak dlatego, że podobne kataklizmy są niemożliwe, tylko dlatego, że gdyby do nich doszło, nie byłoby ludzi, żeby odnaleźć ich ślady. Nasze istnienie rzuca na przeszłość naszej planety „cień antropiczny”, jak określili to Nick Bostrom, Anders Andberg i Milan Ćirković w artykule z 2010 roku [76].

Ma to dla nas znaczenie, bo o ile fakt, że istniejemy, gwarantuje, iż w przeszłości nie zaszło żadne zagrożenie egzystencjalne zdolne zniszczyć rodzaj ludzki, o tyle nie mamy podobnych zapewnień na przyszłość. Cień antropiczny pada tylko wstecz. Patrząc na ślady zapisane w geologii Ziemi możemy czuć pewność, że superwulkany albo wielkie asteroidy są tak rzadkie, iż nie musimy się nimi martwić. Może to jednak być pewność nieuzasadniona i zabójcza.

Prędzej czy później – a z perspektywy geologicznej zdecydowanie prędzej – czeka nas supererupcja. To część natury planety, na której żyjemy, najbardziej aktywnego geologicznie świata w Układzie Słonecznym. A jednak ze wszystkich opisanych w tej książce zagrożeń egzystencjalnych – naturalnych czy antropogenicznych – to na tę ewentualność przygotowani jesteśmy najmniej. Wulkany powodowały już wcześniej masowe wymieranie, są wręcz seryjnymi zabójcami życia w ogóle. Mieliśmy szczęście – nasze istnienie po trzech i pół miliarda lat ewolucji zakrawa na kosmiczny

cud, nawet jeśli był to cud, który musiał się zdarzyć. Nie musi ono jednak trwać wiecznie.

3

Atom
Kurtyna dla ludzkości

Najważniejszą cechą dobrego poligonu rakietowego jest pustka. Poligon rakietowy White Sands w centrum Nowego Meksyku rośnie i kurczy się w zależności od potrzeb armii amerykańskiej, której jest własnością; kiedy osiąga maksymalne rozmiary, można go porównać do wielkości stanu Connecticut [1]. Niemal cały ten teren jest pusty, nie ma na nim budynków ani dróg, ani nawet tych nielicznych zwierząt, które zamieszkują suchą równinę nazwaną przez Hiszpanów Jornada del Muerto, Wędrówką Umarłego. Nazwa ta wydaje się niemal zbyt doskonała, podobnie jak gór Sierra Oscura, czyli Ciemnych, widocznych daleko na wschodzie, gdy pewnego kwietniowego poranka dojeżdżałem do Stallion Gate, Bramy Ogiera, północnego wejścia na poligon – najbliższego do miejsca testu Trinity.

Do Nowego Meksyku i na poligon White Sands przyjechałem właśnie po to, żeby zobaczyć ten punkt. Za początek epoki broni atomowej często uważamy Hirosimę, ale to tu, na poligonie Trinity, zdetonowano pierwszą bombę nuklearną w dziejach. Pracowało nad nią ponad sto tysięcy ludzi, od kopaczy rowów po dziesiątki noblistów – z których wielu dostało nagrodę właśnie za tę pracę. Zatrudniał ich prowadzony przez rząd USA projekt Manhattan [2]. Hirosima, Nagasaki, kubański kryzys rakietowy, dzisiejszy kryzys w Korei, wszystko, co jeszcze przed nami, wywodzi się od tego, co stało się tu, w Nowym Meksyku, 16 lipca 1945 roku, o godzinie 5.30 – uda-

nej próby jądrowej, owocującej eksplozją bardziej niszczycielską niż cokolwiek innego w dziejach ludzkości do tamtej pory.

Test Trinity był jednak początkiem nie tylko epoki atomowej. Wprowadził nas również w erę antropogenicznych zagrożeń egzystencjalnych, w której żyjemy do dziś. Przed Trinity nasz świat mógł się skończyć – i o mały włos tak się nie stało – za sprawą kataklizmów powodujących masowe wymieranie, jak działo się to wielokrotnie wcześniej w historii planety. Ale za każdym razem przyczyny takich zdarzeń były naturalne: erupcje superwulkanów, zderzenie z asteroidą, nagła drastyczna zmiana klimatu. Od teraz jednak ludzie mogli sami sprowadzić na siebie zagładę. Wszystkie kolejne antropogeniczne zagrożenia egzystencjalne – spowodowane przez człowieka zmiany klimatyczne, biotechnologia, sztuczna inteligencja – to spadkobiercy Trinity, punktu zwrotnego ludzkiej historii. Możecie więc być pewni, że chciałem zobaczyć miejsce, w którym to wszystko się zaczęło.

Prawie siedemdziesiąt pięć lat po przeprowadzeniu testu pozostało jednak niewiele śladów mocy wyzwolonej w 1945 roku i jej znaczenia. Miejsca, w których zmienił się bieg historii, są upamiętniane i przygotowywane do zwiedzania, na przykład pole bitwy pod Gettysburgiem, Independence Hall w Filadelfii, gdzie przegłosowano Deklarację Niepodległości i Konstytucję USA, a nawet miejsca odkryć naukowych, takie jak pracownia Thomasa Edisona w New Jersey, w której wynalazł żarówkę. Po II wojnie światowej Departament Zasobów Wewnętrznych USA próbował upamiętnić miejsce testu Trinity, jednak starania te były ciągle blokowane przez wojsko, które chciało w White Sands przeprowadzać próby swojego rosnącego arsenału pocisków rakietowych. Był też problem niejednoznacznej spuścizny Trinity – to największe z osiągnięć techniki i nauki, które przyczyniły się do zwycięstwa aliantów, ale też miejsce narodzin broni masowej zagłady. Dopiero w 1975 roku poligon Trinity w końcu ogłoszono miejscem

pamięci historycznej – to o parę szczebli niżej od parku historycznego – mimo to wciąż jest niedostępny dla zwiedzających z wyjątkiem dwóch sobót w roku, jednej w kwietniu, drugiej w październiku, kiedy to w słońcu pustyni przed Stallion Gate ustawiają się w kilometrowych kolejkach samochody turystów.

Miałem szczęście, bo udało mi się umówić prywatne zwiedzanie poligonu Trinity w przeddzień kwietniowego dnia otwartego w 2018 roku. Moim przewodnikiem był Jim Eckles, serdeczny i rozmowny mężczyzna po sześćdziesiątce pochodzący z Nebraski, przez wiele lat pracujący jako rzecznik prasowy poligonu rakietowego oraz autor spisanej niedługo po przejściu na emeryturę historii testu Trinity. Eckles wiedział, jak ubrać się na wycieczkę po pustyni Nowego Meksyku – choć była wiosna, miał na sobie kapelusz z szerokim rondem, rzucającym cień na całą twarz i zakrywającym siwiznę, oraz okulary przeciwsłoneczne z wąskimi owalnymi soczewkami. Potrafił też oprowadzić gościa po historycznym miejscu, w którym nie było zbyt wiele do oglądania.

– Surowość, którą tu widać, jest ważna – powiedział. – To nie dom Jerzego Waszyngtona. To poligon do testowania bomb, pustka to odpowiedni sposób na upamiętnienie tego, co tu zaszło.

Większość powierzchni strefy testu Trinity zajmuje parking – z reguły pusty, czekający na te dwa dni, gdy wypełnia się kamperami pokrytymi pyłem po trzydziestu kilometrach jazdy od Stallion Gate. Spoczywa na nim poszarpany kawał metalu zwany Jumbo, dwustutonowa stalowa rura zaprojektowana do zabezpieczenia bezcennego plutonu z bomby Trinity – zwanej przez naukowców Gadżetem – na wypadek awarii podczas detonacji. Jumbo okazała się niepotrzebna i w końcu generał Leslie Groves, wojskowy dowódca projektu Manhattan, kazał ją wysadzić. Według Ecklesa martwił się – między innymi – że ktoś mógłby zacząć pytać, po co wojsko

wydało dwanaście milionów dolarów na wybudowaną na zamówienie stalową rurę, która do niczego się nie przydała. Ale osiem dwustudwudziestopięciokilogramowych bomb tylko rozerwało jej końce – co w sumie nie powinno zaskakiwać, skoro Jumbo przetrwała wybuch Trinity.

– Okazuje się, że naprawdę trudno zniszczyć wielką stalową konstrukcję – mówi Eckles.

Jumbo rdzewieje dziś na parkingu przy Trinity, przypominając o innym rodzaju ludzkiej omylności.

Należy przyznać, że wszystko, co składało się na test Trinity, robiono po raz pierwszy w historii, więc czasem trzeba było zgadywać. Przed próbą grupa ważniejszych naukowców projektu Manhattan zakładała się, jaki będzie rozmiar eksplozji. Oficjalne szacunki przewidywały siłę od pięciuset do siedmiu tysięcy ton trotylu [3]. W tamtych czasach najpotężniejsze ładunki w amerykańskim arsenale miały moc równoważną około dziesięciu tonom [4]. Nie było nawet pewności, czy Gadżet – owoc przeszło trzech lat ciężkiej pracy – w ogóle zadziała. Generał Groves uważał, że szanse sukcesu wynoszą tylko czterdzieści–sześćdziesiąt procent [5].

Warunki w nocy poprzedzającej test były okropne – przeszła ulewna burza z piorunami, bardzo niefortunna w sytuacji, gdy na otwartej pustyni ciągną się kilometry przewodów elektrycznych, a na szczycie trzydziestometrowej wieży ze stali spoczywa niecałe sześć kilogramów wysoce radioaktywnego plutonu zawiniętego w kable, śruby, srebro, złoto i materiały wybuchowe [6]. Nie było jednak czasu czekać na lepszą pogodę. Harry Truman – który został prezydentem zaledwie trzy miesiące wcześniej, a o projekcie Manhattan dowiedział się dopiero w kwietniu, gdy objął urząd po śmierci Franklina Delano Roosevelta – miał dzień po planowanym teście spotkać się z Józefem Stalinem. Udana próba bomby atomowej byłaby dla nowego prezydenta potężnym atutem przy planowaniu zakończenia wojny

wespół z sojusznikiem, który niedługo miał się obrócić w nieprzyjaciela. Test Trinity obwieścił nadejście nowej ery, ery antropogenicznych zagrożeń egzystencjalnych, ale stało się to za sprawą decyzji motywowanych bieżącymi potrzebami politycznymi, a nie refleksją na temat konsekwencji dla przyszłości. Z jednym wyjątkiem.

W 1942 roku amerykański fizyk węgierskiego pochodzenia Edward Teller – późniejszy ojciec potężniejszej bomby wodorowej i jedna z inspiracji dla filmu Stanleya Kubricka *Doktor Strangelove* [7] – dokonał wyliczeń, według których bomba atomowa może potencjalnie wytworzyć dość ciepła, by zapalić atmosferę i oceany, wywołując globalny pożar i koniec świata. Gdy Robert Oppenheimer – naukowy kierownik projektu Manhattan – powiedział fizykowi Arthurowi Comptonowi o kalkulacjach Tellera, jego starszego kolegę miała ogarnąć zgroza. „To byłaby ostateczna katastrofa! – wspominał Compton po wojnie w wywiadzie z pisarzem Pearlem Buckiem. – Lepiej zaakceptować nazistowską niewolę, niż zaryzykować spuszczenie kurtyny na ludzkość!” [8]

Według Bucka Compton powiedział Oppenheimerowi, że jeśli dodatkowe obliczenia wykażą ryzyko podpalenia atmosfery przez eksplozję nuklearną większe niż jakieś trzy na milion, prace nad bombą należy przerwać [9]. Szczęśliwie na mniej więcej pół roku przed testem Trinity Teller i amerykański fizyk jądrowy o polskich korzeniach Emil Konopinski przedstawili raport na ten temat, zatytułowany *Manhattan Project. LA-602* [10]. Stwierdzili w nim, że nawet znacznie silniejszy ładunek od tego sprawdzanego podczas Trinity w praktyce nie miałby możliwości wywołania takiej nieopanowanej reakcji i zniszczenia planety.

„W praktyce nie miałby możliwości” to zapewnienie wystarczające w czasie wojny, a zatem prace trwały. Po wojnie Oppenheimer powiedział powołanej przez Senat USA komisji: „przed naszą pierwszą próbą bomby

atomowej byliśmy na gruncie teoretycznym pewni, że nie podpalimy atmosfery” [11]. Może jednak nie wszyscy byli wtedy przekonani. Noc przed testem amerykański fizyk pochodzący z Włoch Enrico Fermi zaproponował kolegom zakład o to, czy do katastrofalnego zapłonu jednak nie dojdzie – a gdyby doszło, to czy zniszczony zostanie tylko stan Nowy Meksyk, czy też cały świat [12].

Wybryki Fermiego zdenerwowały oficerów nadzorujących projekt, niepokojących się, że jego żart – bo był to głównie żart – może wystraszyć żołnierzy zabezpieczających poligon. Jak jednak pisze Richard Rhodes w swojej mistrzowskiej książce *Jak powstała bomba atomowa*: „Niebawem miano wypuścić na świat nową siłę; nikt nie mógł być pewny – taki był sens wypowiedzi Fermiego – jak zakończy się ten debiut” [13].

Raport *LA-602* był w dziejach projektu Manhattan tylko przypisem, ma jednak szczególne znaczenie dla historii badań nad zagrożeniami egzystencjalnymi. Po raz pierwszy ludzie próbowali się przekonać, czy ich działania nie doprowadzą do końca świata.

– To pierwsza techniczna ocena antropogenicznych zagrożeń egzystencjalnych. Wcześniejsze próby miały charakter religijny albo dotyczyły niebezpieczeństw naturalnych – mówi Jason Matheny, były dyrektor Zarządu Zaawansowanych Projektów Badawczych Wywiadu (Intelligence Advanced Research Projects Activity, IARPA).

Ze wszystkich organizacji podlegających rządowi USA ta chyba ma największe roszczenia do spuścizny po Manhattanie. Debata o niebezpieczeństwach egzystencjalnych powodowanych przez biotechnologię, konkurujące punkty widzenia w kwestii zagrożenia ze strony sztucznej inteligencji, a nawet ta książka – wszystko to ma korzenie w *LA-602*, dokumencie odtajnionym dopiero w 1973 roku.

Test Trinity dowiódł, że przynajmniej w przypadku broni atomowej najbardziej powinniśmy się bać nie tego, co się stanie, jeśli coś pójdzie nie tak, ale tego, co wyniknie, kiedy wszystko potoczy się tak, jak powinno.

Dwadzieścia minut przed detonacją Sam K. Allison z Uniwersytetu Chicagowskiego rozpoczął pierwsze w dziejach odliczanie przez głośnik. Kiedy zaczęły się ostatnie sekundy, miejscowa radiostacja zaczęła nadawać na tej samej częstotliwości, nakładając na głos recytujący liczby *Dziadka do orzechów* Czajkowskiego. Trzydzieści dwa kilometry dalej, na stanowisku obserwacyjnym na Compania Hill, Edward Teller, nie dbając o napięte jak postronki nerwy kolegów, zaczął pytać, czy nie chcą od niego pożyczyć kremu do opalania [14]. O godzinie 5.29.45 eksplodowała bomba Trinity.

Przeszliśmy z Ecklesem kilkaset metrów dzielące parking od ogrodzonego płotem miejsca samego testu. Rosła tam jasna żółta trawa, otoczona zieleńszymi zaroślami ciągnącymi się aż po Sierra Oscura. Gdybym miał licznik Geigera, zobaczyłbym, jak promieniowanie minimalnie wzrasta (nie na tyle, by komuś zaszkodzić) – to też echo bomby [15]. W centrum poligonu znajduje się prawdziwa pierwsza strefa zero, miejsce, w którym 16 lipca 1945 roku stała trzydziestometrowa stalowa wieża z Gadżetem na szczycie. Nazwano ją właśnie Zero, zatem otaczający ją obszar stał się „strefą zero” – stąd współczesny termin. Miejsce to upamiętnia dzisiaj kamienny obelisk ze skały wulkanicznej – brązowoczarny głaz zrodzony z ognia na pamiątkę najpotężniejszego z pożarów, jak tłumaczy Eckles. Pamiątkowa tablica podsumowuje fakty w najprostszy możliwy sposób: „Poligon Trinity – miejsce detonacji pierwszej na świecie bomby atomowej 16 lipca 1945 roku”.

Stojąc przed tym słupem, przypomniałem sobie, że kilka tygodni po teście Trinity generał Groves przyjechał na miejsce próby, by mu się przyjrzeć. Victor Weisskopf, fizyk atomowy z projektu Manhattan, wspominał,

że generał spojrzał na krater pozostały po próbie i zapytał: „To wszystko?” [16]. Zrozumiałem, co miał na myśli.

Za obeliskiem widziałem jednak czarno-białe zdjęcia ustawione pod płotem. Między portretami naukowców i fotografiami samego Gadżetu umieszczono serię obrazów, które klatka po klatce ukazywały, co działo się w milisekundach po detonacji Trinity.

0,006 sekundy po wybuchu tworzy się bańka czystego światła, jakby z pustynnej gleby nagle wyrósł świt. Wybuch jest tysiące razy gorętszy od powierzchni Słońca, a w tym właśnie krótkim momencie również kilkanaście razy jaśniejszy [17]. 0,025 sekundy po wybuchu bańka wciąż rośnie, po ziemi zaś zaczyna sunąć grzbiet ognia, który wyrwie krater o średnicy ośmiuset metrów oraz wciągnie do wnętrza eksplozji setki ton piachu. Zawarta w nim krzemionka spoi się później z cząsteczkami radioaktywnymi i spadnie z powrotem na powierzchnię ziemi jako bryłki zupełnie nowego materiału: jasnozielonego trynitytu, zwanego też szkłem z Alamogordo. Przez kolejne dziesięciolecia będą je zbierać szukający pamiątek turyści, choć w gruncie rzeczy to nielegalne.

0,053 sekundy po wybuchu doskonała bańka zaczyna tracić klarowność, rozmywa się, rozprasza, jakby nie mogła utrzymać własnej energii. Piekło panujące na jej powierzchni sięga coraz dalej, rozszarpując grunt. Każda istota, która żyła w promieniu czterystu metrów, albo już jest martwa, albo zaraz będzie. Po 0,1 sekundy eksplozja przypomina aureolę z renesansowego portretu Chrystusa. Powietrze jarzy się od atomowego gorąca, a siła fali uderzeniowej niesie się dalej i dalej, niszcząc to, co napotka. Wszystko obraca się w zgliszcza. Piętnaście sekund po detonacji widzimy znajomy obraz obłoku w kształcie grzyba, nazwany przez historyka sztuki Johna O’Briana „logo XX wieku” [18]. To symbol cienia, jaki rozciągnie się nad kolejnymi dziesięcioleciami historii ludzkości. Atomowy grzyb, niepo-

dobny do niczego, co wcześniej widziano na Ziemi, powstaje wskutek olbrzymiej temperatury panującej w centrum wybuchu, która wynosi słup powietrza w górę, gdzie zaczyna się on rozszerzać i tworzyć kapelusz [19].

Po niecałej minucie od eksplozji Enrico Fermi wstał i rzucił w powietrze garść strzępków papieru. Na podstawie obserwacji ich ruchu wyliczył, że bomba wybuchła z mocą dziesięciu tysięcy ton trotylu. Trochę się pomylił, ale był i tak bliżej niż autorzy zachowawczych prognoz wyliczonych przed eksperymentem. Niszczycielska moc Trinity była bliższa dwudziestu jeden tysiącom ton trotylu. Isidor Isaac Rabi, fizyk, który przyszedł na próbę ostatni, gdy wszyscy inni skończyli obstawiać, wygrał zakład – spodziewał się osiemnastu tysięcy ton.

Opowieści świadków Trinity zapełniły już całe książki. Możemy poznać reakcje naukowców, wojskowych, ludzi wierzących, poetów. Do mnie najbardziej trafiają jednak słowa Rabiego, który spędził pełną napięcia noc przed testem, grając w pokera:

> Narodziło się coś nowego; nowa władza; nowa wiedza człowieka, którą zdobył o naturze […].
>
> Potem poczuliśmy chłód, ale nie był to chłód poranka; to był chłód, który ogarnia kogoś, gdy zaczyna myśleć; na przykład, gdy pomyślałem o moim drewnianym domu w Cambridge, o moim laboratorium w Nowym Jorku i o milionach ludzi żyjących dookoła i o tej potędze natury, którą po raz pierwszy pojęliśmy – no więc, to było to [20].

Wieści o sukcesie Trinity dotarły do prezydenta Trumana, gdy zwiedzał ruiny zbombardowanego Berlina w drodze na konferencję poczdamską. W swoim prywatnym dzienniku zapisał: „To najstraszliwsza rzecz, jaką do tej pory zbudowano, ale może być także najbardziej użyteczna” [21].

Truman traktował bombę, jakby została „odkryta”, ale przecież nie leżała sobie gdzieś, żeby ktoś ją znalazł. Powołały ją do istnienia decyzje polityków i generałów oraz ciężka praca tysięcy naukowców. W pewnym sensie jednak taka intuicja była bliżej prawdy, niż ktokolwiek mógłby podejrzewać. Przed rozpoczęciem projektu Manhattan, zanim podjęto decyzję o wypróbowaniu, a później zrzuceniu bomby atomowej, w ciągu dziesięcioleci poprzedzających wojnę, różni badacze dokonywali przełomowych odkryć w dziedzinie fizyki jądrowej, które kładły podwaliny pod Trinity, choć nie byli do końca świadomi, do czego może doprowadzić ich wysiłek. Wielu uważało, że budowa bomby jądrowej jest niemożliwa.

Ale nie wszyscy. Leo Szilard należał do tych, którzy od początku wiedzieli, że osiągnięcia atomistyki lat trzydziestych prawdopodobnie doprowadzą do powstania broni nuklearnej. Urodzony na Węgrzech Szilard uzyskał doktorat w Niemczech, skąd uciekł po przejęciu władzy przez Hitlera w 1933 roku. To on napisał słynny list wysłany przez Einsteina do prezydenta Roosevelta w 1939 roku, w którym przestrzegał, że bomba atomowa jest możliwa, i przekonywał Stany Zjednoczone o konieczności powołania projektu mającego później przerodzić się w Manhattan. Był również najważniejszym w miesiącach poprzedzających Trinity rzecznikiem niewykorzystania przez Waszyngton bomby, gdyby rzeczywiście udało się ją zbudować. Nie usłuchano go.

Trzy tygodnie po próbie w Nowym Meksyku bombowiec B-29 ochrzczony przez załogę „Enola Gay” wystartował z lotniska na Marianach w kierunku Japonii. W komorze bombowej miał urządzenie podobne do Trinity. 6 sierpnia, o 8.15 czasu miejscowego, lecąc na wysokości dziewięciu tysięcy pięciuset metrów nad miastem Hirosima w południowo-zachodniej Japonii, otworzył luk i zrzucił ładunek. Drugi pilot Robert Lewis wspominał później

poczucie odrealnienia, jakie opanowało go w tamtym momencie: „Bomba jest teraz niezależna od samolotu. To dziwne uczucie. Mam takie wrażenie, jakby bomba żyła teraz własnym życiem i nie miała z nami nic wspólnego” [22].

Detonacja nastąpiła niecałe sześćset metrów nad miastem. W ciągu milisekundy okolica rozgrzała się tak bardzo, że nawet trzy i pół kilometra dalej temperatura na powierzchni ludzkiej skóry mogła wzrosnąć do pięćdziesięciu stopni Celsjusza [23]. Po kilku minutach dziewięć na dziesięć osób w promieniu ośmiuset metrów od strefy zero już nie żyło, a ich ciała obróciły się w czarny popiół. Cierpienia ocalałych wymykają się opisom, chociaż na zawsze zapisały się w pamięci ofiar takich jak Setsuko Thurlow, która tamtego ranka w Hirosimie miała trzynaście lat. Siedemdziesiąt dwa lata później, gdy odbierała Pokojową Nagrodę Nobla w imieniu Międzynarodowej Kampanii na rzecz Zniesienia Broni Nuklearnej (ICAN), wciąż miała w umyśle wyraźny obraz tej chwili. „Gdy wspominam Hirosimę – powiedziała publiczności zgromadzonej w Oslo – pierwsze, co przychodzi mi na myśl, to mój czteroletni siostrzeniec Eiji i jego ciało obrócone w nieprzypominający niczego stopiony kawał mięsa. Słabiutkim głosem błagał o wodę, dopóki śmierć nie wyzwoliła go z agonii” [24].

Wybuch, fala gorącego powietrza i promieniowanie zabiły około siedemdziesięciu tysięcy ludzi. Kolejne tysiące zmarły w ciągu następnych miesięcy w wyniku odniesionych ran oraz wywołanego radiacją raka [25]. Ale Hirosima była wyjątkowa nie tylko ze względu na tę horrendalną liczbę ofiar. Amerykańskie konwencjonalne bombardowania Tokio ładunkami zapalającymi w 1945 roku uśmierciły jeszcze więcej ludzi, ale trwały dwie noce, podczas których trzysta samolotów zrzuciło osiem tysięcy bomb [26]. W Hirosimie wystarczył jeden samolot z jedną bombą o niewyobrażalnie skoncentrowanej niszczycielskiej mocy.

Po bombardowaniach atomowych ktoś powiedział Szilardowi, że wykorzystanie odkryć nauki do niszczycielskich celów to straszna tragedia dla naukowców. Fizyk odparł, że wcale nie – to tragedia dla ludzkości.

Były to prorocze słowa, które wryły się w tę książkę tak samo jak szkło z Alamogordo wryło się w piach na poligonie Trinity. Pogoń naukowców za wiedzą popycha naszą cywilizację do przodu, jednak test Trinity dowiódł, że może też stworzyć warunki prowadzące do naszej zagłady. Zagrożenia egzystencjalne nie zawsze pojawiają się na świecie za sprawą tych, którzy chcieliby go zniszczyć – czasem winni są ci, którzy chcieliby go naprawić. Dobre intencje nie mają znaczenia dla losu planety – liczą się wyniki. Richard Rhodes tak pisze o spuściźnie projektu Manhattan: „Metoda naukowa nie ma filtra dobroduszności. Wiedza miała konsekwencje, nie zawsze zamierzone, nie zawsze przyjemne, nie zawsze mile widziane” [27].

Kiedy zwiedzałem poligon, nie było na nim zdjęć z Hirosimy. Jej obecność dawała się odczuć przez nieobecność, tak jak to jest ze wszystkim innym w strefie zero.

– Wszystkie te rakiety, wszystkie bomby wciąż tam są, a my całkiem nieświadomie żyjemy sobie z dnia na dzień – mówi Jim Eckles, gdy stoimy w słońcu Nowego Meksyku. – Cały czas. Mamy to gdzieś tam z tyłu głowy i Trinity chyba wypycha tę świadomość nieco naprzód. Zatrzymajmy się i pomyślmy, że to wciąż nam grozi. – Spojrzał na pustkę, dzięki której Trinity jest Trinity. – Niewiele to dla kogokolwiek zmienia, ale przynajmniej jest coś, co przypomina.

Gdy w Hirosimie – a trzy dni później również w Nagasaki – została zademonstrowana niszczycielska moc bomby atomowej, inne kraje zaczęły w pośpiechu budować tę straszliwą broń. Związek Radziecki dokonał pierwszej udanej próby w 1949 roku, Wielka Brytania w 1952, Francja

w 1960, Chiny w 1964. Bomby termonuklearne, zwane też wodorowymi, setki razy potężniejsze od urządzenia sprawdzanego na poligonie Trinity, zostały wynalezione w USA w 1952 roku. ZSRR odpowiedział własną bombą wodorową rok później.

Nowa broń masowej zagłady na początku była wykorzystywana bez większych zahamowań. Próby nuklearne – wówczas prowadzone na powierzchni Ziemi – odbywały się w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych średnio niemal raz na tydzień [28]. Ponieważ wojska radzieckie miały na początku zimnej wojny dziesięciokrotną przewagę liczebną nad Amerykanami stacjonującymi w Europie, Waszyngton liczył, że groźba wykorzystania arsenału atomowego zapobiegnie atakowi konwencjonalnemu [29] – posługiwano się nią więc często i gęsto. Prezydent Eisenhower rozważał ataki jądrowe pod koniec wojny w Korei w 1953 roku, podczas kryzysu tajwańskiego w 1958 roku, a także podczas sporu z Sowietami o przyszłość Berlina w 1959 roku. Lyndon Johnson był gotów dokonać uderzenia wyprzedzającego na Chiny, żeby nie pozwolić im na uzyskanie własnej bomby. Eisenhower podpisał nawet zgodę na przekazanie generałom i admirałom stacjonującym poza Waszyngtonem prawa podjęcia decyzji o ataku jądrowym w przypadku zniszczenia stolicy, ci zaś generałowie i admirałowie podawali je na kolejne szczeble łańcucha dowodzenia, aż wreszcie nawet niżsi rangą kapitanowie okrętów uzyskali władzę wystrzelenia bomby atomowej w sytuacji kryzysu [30].

Z początku broń jądrową traktowano jak każdą inną – może i potężną, ale niekoniecznie wyjątkową albo groźną dla cywilizacji. Nie rozumiano jeszcze, co dla ludzkości oznaczałaby światowa wojna nuklearna. Był to czas budowania schronów atomowych w piwnicy; w 1961 roku magazyn „Life” pokazał na okładce człowieka „w cywilnym kombinezonie chroniącym przed opadem radioaktywnym” pod nagłówkiem: „Jak przeżyć opad.

Dziewięćdziesiąt siedem na sto osób może się uratować”[31]. Federalny Urząd Obrony Cywilnej (Federal Civil Defence Administration, FCDA), powołany w 1951 roku przez prezydenta Trumana, rzucał na prawo i lewo wątpliwej jakości porady na wypadek niewysłowionego. Stąd wyszedł między innymi Żółw Bert, animowany kreskówkowy bohater, śpiewający piosenkę dla dzieci uczącą postępowania podczas ataku jądrowego: „Żółwik Bert, chłopak na schwał, oczy otwarte zawsze miał. Niczego bać się nie musiał, bo wiedział, co robić ma: paść! I kryć się!”[32]. Amerykańska poczta wydrukowała sześćdziesiąt milionów formularzy zmiany adresu i rozesłała je do urzędów regionalnych, na wypadek gdyby po wojnie atomowej dziesiątki milionów uchodźców w Stanach Zjednoczonych wciąż chciały otrzymywać prenumerowane magazyny[33]. Administracja Eisenhowera rozważała w pewnym momencie wykopanie rowów przy autostradach, żeby obywatele zaskoczeni atakiem jądrowym w samochodach mogli się ratować, wysiadając z pojazdów, kuląc tam i przysypując ziemią[34].

Padnij, kryj się – to tak naprawdę dobra rada, jeśli przydarzy nam się niezwykły pech znalezienia się niedaleko wybuchu jądrowego.

– W przypadku bomby o sile liczonej w kilotonach możemy zrobić całkiem sporo, by zwiększyć swoje szanse na przetrwanie – mówi Alex Wellerstein, historyk z Instytutu Technologicznego Stevensa, badający historię broni atomowej. – Ale gdy mowa o wymianie między mocarstwami nuklearnymi, które mają tysiące ładunków, nie pozostaje nam wiele możliwości. – Myśl, że dziewięćdziesięcioro siedmioro na stu Amerykanów mogłoby przetrwać wojnę atomową, padając i kryjąc się, była ewidentnie absurdalna. Takie plany obrony cywilnej stanowiły przykład tego, co socjolog Lee Clarke nazywa „fantastycznymi dokumentami”: przedsięwzięciami, których celem było dać obywatelom i biurokracji poczucie, nawet zupełnie bezpodstawne, że mogą zapanować nad sytuacją nie do opanowania[35].

Nie powinniśmy jednak zbyt pochopnie ich osądzać. Raz po raz przekonujemy się, że największą przeszkodą w walce z zagrożeniami egzystencjalnymi – także tymi powodowanymi przez człowieka – jest mentalność; ludzki umysł buntuje się, gdy postawić go wobec skali grożącej mu zagłady [36]. *Homo sapiens* wyewoluował do życia w małych grupach, dotkliwie zatem odczuwamy stratę w małej skali, na przykład jednego przyjaciela, krewnego, nawet nieznajomego. Nie da się jednak zindywidualizować śmierci miliardów czy też całego gatunku. Postanawiamy zatem to wyprzeć.

Nasza zdolność do empatii maleje wraz ze wzrostem liczby ofiar, czemu winne jest psychologiczne zjawisko *scope neglect*. Niewielu badaczy przyjrzało mu się równie wnikliwie, jak psycholog Paul Slovic z Uniwersytetu Oregońskiego. Slovic odkrył, że empatia zaczyna spadać już w sytuacji, gdy napotykamy dwie potrzebujące osoby, a nie tylko jedną [37] – nazywa to arytmetyką współczucia. Wbrew temu, co mogłoby się wydawać, nasza troska i gotowość do działania nie musi się zwiększać wraz ze wzrostem skali potencjalnej katastrofy, może nawet zacząć maleć. Wymowny jest eksperyment, w którym Slovic powiedział ochotnikom, że mogą wydać dziesięć milionów, by ocalić dziesięć tysięcy ludzi cierpiących na chorobę, która co roku zabija dwadzieścia tysięcy, albo za tę samą cenę uratować dwadzieścia tysięcy ofiar choroby zabijającej dwieście dziewięćdziesiąt tysięcy rocznie. Badani woleli uratować tych pierwszych – chociaż za tę samą kwotę mogliby ocalić dwa razy tyle osób, gdyby wybrali leczenie groźniejszego schorzenia [38].

Psychiczne znieczulenie, zauważa Slovic, utrudnia zrozumienie każdego zagrożenia egzystencjalnego – także tych wynikających bezpośrednio z naszych działań, takich jak wojna atomowa albo zmiany klimatyczne. Zamiast próbować zapobiec globalnym katastrofom, wolimy je raczej

zignorować. A jeśli nie uznajemy istnienia ryzyka, to nie możemy z nim nic zrobić. Behawiorysta Burrhus Frederic Skinner powiedział w 1982 roku w przemowie wygłoszonej przed Amerykańskim Stowarzyszeniem Psychologicznym, że „jakiś element ludzkiej natury" powstrzymuje nas przed próbami zapobiegania olbrzymim katastrofom, których jeszcze nie doświadczyliśmy – co dotyczy wszystkich zagrożeń opisanych w tej książce.

– Nasz poziom przejęcia czymś nie wzrasta wraz z potencjalnymi konsekwencjami, tylko maleje – mówi Slovic. – Brakuje nam uwagi, a więc także zdolności do przejmowania się. Traktujemy te katastrofy, jakby były niemożliwe, chyba że jakiś element naszych przeżyć doda im poczucia realności.

A jednak bomba wydawała się – i nadal wydaje – wymykać tej realności. Tak jak wszystkie zagrożenia egzystencjalne wojna atomowa naprawdę była dla większości ludzi nie do pomyślenia – to znaczy dosłownie nie byli w stanie o niej myśleć. Sprawdziło się to nawet w przypadku tych nielicznych, którzy mogli zaświadczyć o prawdziwości zagrożenia – ocalałych z Hirosimy i Nagasaki. Psychiatra Robert Jay Lifton badał pokłosie tych ataków i przekonał się, że ich ofiary nie pojmowały, co się z nimi stało. Nie miały żadnego modelu, do którego mogłyby porównać to przeżycie, by je zrozumieć. Lifton pisze, że ocalali „zastanawiali się, czy było to wielkie »spięcie elektryczne«, jakaś forma »buddyjskiego piekła«, czy »koniec świata«" [39].

Zaklinanie rzeczywistości było obecne nawet w języku strategów planujących wykorzystanie broni jądrowej. Wojnę atomową nazywali „wymianą", jakby Waszyngton i Moskwa oddawały sobie źle dobrane prezenty na święta, a nie ryzykowały koniec świata. Odpalenie międzykontynentalnych rakiet, które zabiłyby miliony ludzi, określano jako *nuclear expenditure*, „wydatek nuklearny", niczym rubrykę w bilansie księgowym.

Moc wybuchu głowicy jądrowej to po angielsku *yield*, tym samym słowem określa się rozmiar plonów w gospodarstwie rolnym albo dochód z odsetek od inwestycji.

Niektóre elementy terminologii nuklearnej były bardziej dosadne, tak jak „megaśmierć", czyli milion ofiar ataku jądrowego. „Megaśmierć" wymyślił Herman Kahn, teoretyk systemów pracujący dla RAND Corporation, think tanku z Santa Clara w Kalifornii stojącego w samym centrum teoretycznych strategii prowadzenia zimnej wojny. W 1960 roku Kahn wydał książkę *On Thermonuclear War* – w każdym wypadku nie zawiodła ona obietnicy przedstawionej w tytule. Autor wskazywał na różne szacowane poziomy ofiar wśród Amerykanów w wyniku konfliktu atomowego, dwa–sto sześćdziesiąt milionów, i oceniał, ile czasu potrwałaby odbudowa według różnych scenariuszy – przynajmniej według jego obliczeń. Jego zdaniem istniało wiele „tragicznych, lecz różnych od siebie sytuacji powojennych" [40] (jeśli ten zwrot brzmi znajomo, to dlatego, że parafrazował go Stanley Kubrick w filmie *Doktor Strangelove*). Kahn uważał, że wojnę atomową da się pojąć rozumem i da się myśleć o tym, żeby ją wygrać – dlatego właśnie swoją kolejną książkę zatytułował *Thinking about the Unthinkable*.

Ale to nie stratedzy w rodzaju Kahna naprawdę rozumieli, co oznaczała wojna atomowa, tylko nieliczni opozycjoniści tacy jak Daniel Ellsberg. Dziś Ellsberga pamięta się głównie za sprawą wycieku *Pentagon Papers* z 1971 roku, czyli publikacji tajnego raportu Departamentu Obrony USA, dowodzącego, że kolejne administracje kłamały przed opinią publiczną o poziomie zaangażowania Ameryki w konflikt wietnamski. Wiele lat przed tym, jak zyskał masowe uznanie – ale też nienawiść – za ten akt oporu przeciwko wojnie, Ellsberg pracował jednak jako strateg w RAND, gdzie rozwijał teorie odstraszania atomowego – tak jak Herman Kahn. Ellsberg brał możliwość wybuchu wojny jądrowej poważnie, tak poważnie, że nie płacił

nawet składek na fundusz emerytalny zorganizowany przez firmę, bo uważał, że zanim zdąży z niego skorzystać, zabije go konflikt nuklearny [41]. Zanim zatrudnił się w RAND, był dowódcą plutonu piechoty morskiej. Nie był wcale hipisem, tylko zimnowojennym żołnierzem z krwi i kości. Wierzył w strategiczne znaczenie amerykańskiego arsenału atomowego.

Tym, co na zawsze zmieniło Ellsberga, był moment, kiedy zobaczył, jak może wyglądać koniec świata. Wiosną 1961 roku pracował jako konsultant w Biurze Sekretarza Obrony, gdzie zobaczył odpowiedź na pytanie zadane przez prezydenta Johna F. Kennedy'ego Połączonemu Komitetowi Szefów Sztabów: „Jeśli wasze plany wojny ogólnej [atomowej] zostaną przeprowadzone zgodnie z zamierzeniami, ilu ludzi zginie w Związku Radzieckim i Chinach?". Okazała się ona szokująca: trzysta dwadzieścia pięć milionów ludzi. Ale to był dopiero początek. Po dalszych poszukiwaniach Ellsberg przekonał się, że Pentagon spodziewał się też kolejnych stu milionów ofiar w komunistycznych krajach Europy Wschodniej, może jeszcze stu milionów w sprzymierzonych państwach Europy Zachodniej, gdzie dotarłby radioaktywny opad, i dalszych stu milionów w krajach sąsiadujących z ZSRR i ChRL takich jak Finlandia, Indie i Japonia. W sumie według szacunków Pentagonu miało zginąć około sześciuset milionów ludzi – ludność świata liczyła wtedy trzy miliardy. A te statystyki pisano z założeniem, że jakimś cudem Stany Zjednoczone nie poniosą żadnych strat wskutek odpowiedzi Związku Radzieckiego – co niemal na pewno było czystą fantazją [42].

Ponad pięćdziesiąt lat później rozmawiałem z Ellsbergiem w jego domu w Berkeley w Kalifornii. Gdy opowiadał, co przeczytał w 1961 roku, w jego głosie wciąż słyszało się zgrozę. Przerażały go nie tylko liczby, ale też fakt, że to był *jedyny* plan Pentagonu na wypadek wojny jądrowej. Plan przewidywał, że w każdym konflikcie zbrojnym z Sowietami, nawet na

małą skalę, nawet przypadkowym, należałoby odpalić cały amerykański arsenał nuklearny. Nie było planu B, nie było miejsca na ograniczoną odpowiedź. Strategia zakładała atakowanie chińskich miast, nawet gdyby Chiny nie miały nic wspólnego z wojną.

– To było szaleństwo – mówi Ellsberg. – Żaden człowiek w całej historii naszego gatunku nie mógł wyobrazić sobie, że zrobi coś takiego, a jednak oni sobie to wyobrażali i planowali. To wykracza poza normalne pojęcie zbrodni albo nawet grzechu. Planowanie mordu na setkach milionów przekracza wszelkie ludzkie pojęcie.

To był dla Ellsberga moment nawrócenia, pierwszy krok na drodze do zostania człowiekiem, którym jest dzisiaj – osiemdziesięcioośmioletnim byłym ekspertem z instytucji obrony narodowej, od dziesięcioleci burzącym się na politykę nuklearną i nieprzejrzystość rządu. W 1969 roku Ellsberg zaczął kserować dokumenty składające się na przyszłe *Pentagon Papers*. Skopiował przy tej okazji także znacznie tajniejsze plany wojny jądrowej, zastrzeżone „tylko dla oczu prezydenta". Te również zamierzał upublicznić, ale nigdy do tego nie doszło. Kiedy „Washington Post" zaczął drukować *Pentagon Papers*, Ellsberg zdał sobie sprawę, że jego aresztowanie to tylko kwestia czasu. Przekazał wtedy plany wojny atomowej na przechowanie swojemu bratu, mieszkającemu na prowincji stanu Nowy Jork. Ten zakopał je na wysypisku śmieci, gdzie zostały zniszczone po przejściu cyklonu. Dopiero w 2017 roku, w książce *The Doomsday Machine: Confessions of a Nuclear War Planner*, Ellsberg mógł w pełni opisać, co wtedy zobaczył.

Do dzisiaj pozostaje człowiekiem niezwykłej odwagi moralnej, kimś, kto był gotów zaryzykować lata więzienia – może dożywocie – żeby sprzeciwić się wojennemu obłędowi. A jednak dziś zastanawia się, dlaczego obrzydzenie, które poczuł wobec amerykańskiej strategii nuklearnej, było tak rzad-

kim zjawiskiem, dlaczego tylu z jego kolegów – wspaniałych, inteligentnych ludzi – było gotowych przeprowadzić projekt masowego mordu.

– Nie trzeba było długo się zastanawiać, żeby powiedzieć, że to szaleństwo i kompletnie nie do przyjęcia – mówi. – A jednak wszyscy przestraszyli się reakcji ze strony szefów sztabów, Kongresu oraz branży zbrojeniowej, która przecież zatrudnia mnóstwo ludzi, przynosi wielkie zyski, płaci dotacje partiom politycznym i tak dalej.

Tak jak w przypadku innych zagrożeń egzystencjalnych krótkoterminowe korzyści polityczne i gospodarcze powstrzymują nas przed skupieniem się na długoterminowych niebezpieczeństwach. Wiemy dziś, że spora część amerykańskiej strategii na wypadek wojny jądrowej opierała się na fałszywych założeniach. Plan, który Ellsberg zobaczył w 1961 roku, nakazywał bombardowanie Chin, bo Pekin i Moskwę uważano za komunistycznych towarzyszy broni, mimo że oba kraje dzieliły już wówczas głębokie spory. W tym samym roku RAND szacowało, że Sowieci mają setki międzykontynentalnych rakiet balistycznych – później okazało się, że mieli ich *cztery* [43]. W 1960 roku, gdy Kennedy został prezydentem – po tym, jak w kampanii wyborczej oskarżał administrację Eisenhowera, że pozwoliła ZSRR wyprzedzić USA w nuklearnym wyścigu zbrojeń – Ameryka miała niemal dwanaście razy tyle głowic jądrowych, ile Związek Radziecki [44]. Ale niektórzy mieli polityczny albo gospodarczy interes w straszeniu zagrożeniem ze strony radzieckiej broni nuklearnej, mimo że w ten sposób zwiększali ryzyko niszczycielskiej wojny.

Dziś – niemal sześćdziesiąt lat później – wiemy, że rakiety nigdy nie opuściły silosów, że zimna wojna nigdy nie przerodziła się w konflikt atomowy. Świat się nie skończył. Ale w żadnym razie nie odpowiadał za to nagły przypływ mądrości po jednej czy drugiej stronie żelaznej kurtyny. Mieliśmy szczęście – a niewielu ludzi wie, jak wielkie, lepiej od innego

zbuntowanego eksperta od bezpieczeństwa narodowego – Williama Perry’ego.

Jeśli istnieje jakieś istotne stanowisko w amerykańskim pionie obronności, to William Perry pewnie je kiedyś piastował. W latach sześćdziesiątych był cywilnym ekspertem do spraw wywiadu elektronicznego, podsekretarzem obrony do spraw badań i inżynierii – miał wielkie zasługi przy pracach nad technologią niewidoczności dla radaru, która pomogła USA wygrać zimną wojnę – a rządową karierę zakończył jako sekretarz obrony prezydenta Billa Clintona w latach 1994–1997. Był członkiem rady nadzorczej Uniwersytetu Kalifornijskiego dla laboratorium w Los Alamos – w którym opracowano pierwszą bombę atomową – dziś zaś przewodzi radzie nadzorczej „Bulletin of the Atomic Scientists”. Choć ma dziewięćdziesiąt jeden lat, w jego głosie wciąż pobrzmiewa autorytet, a do jego słów przywiązują wagę stolice świata.

Perry jest jednak wyjątkowy dlatego, że to jeden z ostatnich byłych pracowników amerykańskiego aparatu państwowego, którzy na własne oczy widzieli, jak bardzo zbliżyliśmy się do atomowej zagłady. Zrozumiał wtedy, że konflikt jądrowy grozi nam nie z powodu militarnego współzawodnictwa, ale przez to, jak zwykłe nieporozumienia i błędy techniczne mogą się przerodzić w globalną katastrofę. Wojna atomowa jest tak groźna nie dlatego, że jest wojną, ale dlatego, że jest atomowa, że tysiące megaton mocy trzymane na bardzo cienkiej smyczy czynią każdy błąd nieodwracalnym.

Jesienią 1962 roku Perry pracował w okolicach San Francisco jako dyrektor Electronic Defense Laboratories, należących do koncernu Sylvania. Czas mijał mu na wyliczaniu trajektorii rakiet i mocy eksplozji nuklearnych. Pewnego październikowego dnia zadzwonił do niego znajomy z CIA i poprosił, żeby natychmiast poleciał do Waszyngtonu na konsultację. I tak

właśnie Perry znalazł się w centrum kryzysu kubańskiego. Po przyjeździe do stolicy analizował zdjęcia radzieckich instalacji rakietowych na Kubie wykonane przez samoloty rozpoznawcze oraz pomagał pisać raporty techniczne dla prezydenta Kennedy'ego i jego otoczenia. W miarę jak konfrontacja między Waszyngtonem a Moskwą stawała się coraz bardziej napięta – gdy Kennedy wprowadził blokadę morską Kuby i rozważał przeprowadzenie inwazji na wyspę, jeśli Sowieci nie usuną z niej rakiet – Perry zaczął się budzić każdego dnia z przekonaniem, że to ostatnie godziny jego życia. A było jeszcze gorzej, niż myślał.

– Kennedy szacował prawdopodobieństwo wojny atomowej na jeden do trzech – mówi Perry. – W mojej ocenie było ono przynajmniej tak duże albo większe, bo konflikt mogły wywołać czynniki, z których prezydent w ogóle nie zdawał sobie sprawy.

W Waszyngtonie nie wiedziano wówczas, że taktyczne pociski jądrowe – małe bomby atomowe, takie, jakie można zastosować na polu bitwy – zostały już rozmieszczone na Kubie. Nikt nie miał też pojęcia, że radzieckie łodzie podwodne działające u wybrzeży wyspy wyposażono w torpedy z głowicami nuklearnymi. Dowódcy stacjonujący na Kubie otrzymali prawo wykorzystania ładunków taktycznych w przypadku amerykańskiej inwazji, a kapitanowie łodzi podwodnych dostali pozwolenie na odpalenie swoich atomowych torped bez specjalnego potwierdzenia z Moskwy. Gdyby Kennedy rzeczywiście nakazał atak, tak jak nalegali na to jego wojskowi doradcy, broń ta zostałaby wykorzystana, co szybko doprowadziłoby do totalnej wojny jądrowej między supermocarstwami.

Tak właśnie doszło do sytuacji, w której rodzaj ludzki był bardziej zagrożony wyginięciem niż kiedykolwiek w historii współczesnej. 27 października 1962 roku amerykańskie niszczyciele i lotniskowiec USS Randolph, przydzielone do blokady Kuby, osaczyły radziecką łódź podwodną

B-59. Amerykańskie okręty zaczęły zrzucać bomby głębinowe – ładunki wybuchowe eksplodujące na wyznaczonej głębokości – wokół nieprzyjaciela. Ich dowódcy nie próbowali zatopić B-59, tylko zmusić ją do wynurzenia – wyraźnie poinformowali o tym radzieckie dowództwo w Moskwie.

Ale nie wiedzieli, że łódź nie miała kontaktu z centralą już od kilku dni. Jej baterie były na wyczerpaniu, bez zasilania nie mogła zaś ani chłodzić wnętrza okrętu, ani oczyszczać powietrza. Temperatura wewnątrz B-59 wzrosła do przeszło czterdziestu pięciu stopni Celsjusza, a marynarze zaczęli cierpieć na zatrucie dwutlenkiem węgla. Gdy wokół kadłuba zaczęły eksplodować bomby głębinowe, załoga nie miała powodu wątpić, że zaczęła się III wojna światowa. Wyczerpany kapitan Walentin Sawicki wydał rozkaz przygotowania torpedy atomowej do wystrzelenia. Udane trafienie w Randolpha zniszczyłoby lotniskowiec, a to z kolei aktywowałoby amerykański plan totalnego kontrataku jądrowego. Tysiące głowic ruszyłyby w kierunku celów położonych w Związku Radzieckim, Chinach i innych państwach. Sowieci odpowiedzieliby tym samym. Szaleństwo, którego przebłysk ujrzał Daniel Ellsberg, stałoby się rzeczywistością i pochłonęłoby nas wszystkich.

Na pokładzie radzieckiej łodzi podwodnej decyzję o wystrzeleniu broni atomowej musieli jednogłośnie podjąć trzej oficerowie. Oficer polityczny Iwan Maslennikow zgodził się, ale Wasilij Archipow, zastępca Sawickiego, zaprotestował. Przekonał dowódcę, by zamiast tego wynurzyć łódź. Po powrocie na powierzchnię amerykański niszczyciel pozwolił okrętowi popłynąć do Rosji [45]. Tego samego dnia premier Nikita Chruszczow wysłał do Białego Domu list z propozycją rozmontowania rakiet na Kubie w zamian za usunięcie przez Amerykanów rakiet balistycznych średniego zasięgu z będącej członkiem NATO Turcji, graniczącej z ZSRR. Kennedy spędził cały dzień na rozważaniu tej sugestii, jednak w końcu się zgodził –

choć tureckie pociski zostały usunięte dopiero po kilku miesiącach, by nie sprawiać wrażenia, że cała sprawa to *quid pro quo*. Kryzys – jeden kryzys – został zażegnany, ale gdyby nie ostrożność Kennedy'ego i zimna krew Archipowa, mogła się wtedy zacząć wojna nuklearna. A wówczas, jak powiedział mi Ellsberg, nie prowadzilibyśmy ze sobą tej rozmowy.

Wasilij Archipow zajmuje poczesne miejsce w dziedzinie badań nad zagrożeniami egzystencjalnymi. W oksfordzkim FHI jest sala nazwana jego imieniem [46], a dokładnie pięćdziesiąt pięć lat po wydarzeniach na pokładzie B-59 sam Archipow został pośmiertnie uhonorowany nagrodą Przyszłości Życia przyznaną przez Instytut Przyszłości Życia (Future of Life Institute, FLI) w Cambridge w stanie Massachusetts. Jak powiedział przy tej okazji prezes FLI Max Tegmark: „Wasilij Archipow to być może najważniejsza osoba w historii współczesnej. Dzięki niemu 27 października 2017 roku nie jest pięćdziesiątą piątą rocznicą wybuchu III wojny światowej" [47].

Ale kryzys kubański to tylko najlepiej znana z wielu sytuacji, kiedy omal nie wybuchła przez przypadek III wojna światowa. Dowodzi tego Eric Schlosser w swoim majstersztyku *Poza kontrolą*. Perry przeżył jeszcze jedną z tych sytuacji, gdy w 1979 roku służył w Departamencie Obrony i w środku nocy obudził go oficer dyżurny NORAD, donosząc, że na monitorach ma dwieście radzieckich rakiet międzykontynentalnych (ICBM) lecących w kierunku Stanów Zjednoczonych. Okazało się, że był to błąd komputera. Niecały rok później, 3 czerwca 1980 roku, wojskowe komputery pokazały tysiące sowieckich pocisków wystrzelonych w Amerykę. Ówczesny doradca prezydenta do spraw bezpieczeństwa narodowego Zbigniew Brzeziński miał już rekomendować kontratak, gdy w ostatniej chwili poinformowano go, że alarm wywołał błąd komputerowego mikroprocesora za czterdzieści sześć centów.

Być może do najgroźniejszej sytuacji po kryzysie kubańskim doszło w 1983 roku. Prezydent Ronald Reagan wygrał wybory, obiecując, że stawi czoła Związkowi Radzieckiemu. Zmodernizował amerykański arsenał atomowy, zwrócił się do Kongresu o przydzielenie miliardów dolarów na obronę cywilną oraz zaproponował budowę tarczy antyrakietowej, zwanej Inicjatywą Obrony Strategicznej (Strategic Defense Initiative, SDI), dzięki której broń atomowa stałaby się „niegroźna i anachroniczna". Reagan naprawdę chciał zmniejszyć ryzyko nuklearnej zagłady, jednak z punktu widzenia ZSRR wyglądało to jak przygotowania do wojny jądrowej. Sowieci mieli nerwy napięte jak postronki, a latem 1983 roku ich wojska otrzymały rozkaz „strzelać, aby zabić", w wypadku gdyby amerykańskie oddziały wkroczyły na radzieckie terytorium. Napięcia te doprowadziły 1 września 1983 roku do tragedii, gdy pilot sowieckiego myśliwca, przekonany, że południowokoreański samolot pasażerski tak naprawdę prowadzi działania szpiegowskie na rzecz USA, zestrzelił go, zabijając dwieście sześćdziesiąt dziewięć osób, w tym sześćdziesięcioro troje Amerykanów.

Wszyscy pamiętali tę ponurą sytuację 26 września, gdy radziecki system wczesnego ostrzegania doniósł o wystrzeleniu kilku rakiet międzykontynentalnych przez Stany Zjednoczone. Tej nocy dyżur miał podpułkownik Stanisław Pietrow. Jego zadanie było nieskomplikowane: miał zanotować wystrzelenie pocisków i zameldować o nim radzieckim władzom wojskowym i politycznym. ICBM potrzebuje mniej więcej pół godziny, by dolecieć do celu [48], a zatem Pietrow miał tylko kilka minut na potwierdzenie ataku, żeby Związek Radziecki mógł podjąć decyzję o odpowiedzi. Biorąc pod uwagę, jak blisko wojny były oba supermocarstwa, pewnie nakazano by kontratak. Ale podpułkownik Pietrow doszedł do wniosku, że Amerykanie nie rozpoczęliby wymiany jądrowej odpaleniem tylko garstki rakiet, więc zamiast tego zameldował błąd systemu. A potem czekał. „Dwadzieścia

trzy minuty później uświadomiłem sobie, że nic się nie stało – powiedział BBC w 2013 roku. – Gdyby odbywał się prawdziwy atak, już bym o tym wiedział. To była olbrzymia ulga” [49].

Pietrow też ma swoją salę w Instytucie Przyszłości Ludzkości. Nick Bostrom stwierdził, że on i Archipow „być może ocalili więcej istnień niż mężowie stanu, których upamiętniamy na znaczkach pocztowych” [50]. To z całą pewnością prawda. Heroizm Pietrowa i Archipowa był jednak konieczny; wynikał z natury doktryny odstraszania atomowego, przez którą zimnowojenne incydenty tego typu stały się tak niewiarygodnie groźne.

Podczas zimnej wojny – a także dziś – mocarstwa atomowe prowadziły politykę wzajemnie gwarantowanego zniszczenia; innymi słowy powstrzymywały się od atakowania siebie nawzajem, bo wiedziały, że atak spotkałby się z odwetem i ich własną zagładą. W pewnym sensie zadziałało to doskonale – strach przed wojną nuklearną nie pozwolił, żeby zimna wojna przerodziła się w prawdziwą, dzięki czemu druga połowa XX wieku była znacznie mniej krwawa od pierwszej. Ale skutkiem ubocznym atomowego pokoju było powstanie zagrożenia dla istnienia całego gatunku. Każdego roku, każdego dnia, w każdej chwili może zostać wciśnięty przycisk rozpoczynający globalną katastrofę. Prędkość wymiany nuklearnej i doktryna totalnego kontrataku oznaczały, że każdy błąd mógł doprowadzić nie do bitwy, nawet nie do wojny, jaką znaliśmy wcześniej, ale do końca świata. „Każdy mieszkaniec tej planety musi dziś myśleć o dniu, w którym może nie będzie się już dało na niej mieszkać – powiedział prezydent Kennedy na sesji ONZ w 1961 roku. – Każdy mężczyzna, kobieta i dziecko żyją pod atomowym mieczem Damoklesa, wiszącym na najcieńszej z nici, którą w dowolnej chwili może przeciąć przypadek, błąd albo obłęd” [51]. Ostrze to wisi nad nami do dziś.

W 1983 roku doszło do jeszcze jednego wydarzenia, które podkreśliło egzystencjalną naturę zagrożenia nuklearnego. Jak dowiódł tego ściśle tajny plan przeczytany przez Ellsberga, przywódcy wojskowi i polityczni po obu stronach dobrze wiedzieli, że wymiana atomowa spowodowałaby liczbę ofiar nieznaną w dziejach świata. Jednak nawet u szczytu zimnej wojny – gdy rządziła strategia *overkill*, czyli gromadzenia arsenałów atomowych zdolnych zniszczyć wrogie supermocarstwo choćby kilka razy [52] – setki milionów ludzi przetrwałyby atak rakietowy i może byłyby zdolne odbudować cywilizację po wypaleniu się nuklearnych pożarów. Zagrożeniem był też opad radioaktywny, nie zabiłby on jednak wszystkich ocalałych. Jak mógłby napisać Herman Kahn, istniały „tragiczne, różne od siebie" stany pomiędzy setkami milionów ofiar a kompletnym wymarciem ludzkości.

W latach siedemdziesiątych naukowcy zaczęli jednak się zastanawiać, co wybuch tysięcy ładunków atomowych mógłby zrobić nie tylko ludziom, ale też środowisku, od którego są zależni. Pierwsze badania sugerowały, że wojna atomowa może uszkodzić na wiele lat dużą część warstwy ozonowej atmosfery, a przez to zniszczyć plony i doprowadzić do wzrostu zachorowań na raka skóry. Pył i sadza z wybuchów oraz pożarów spowodowałyby „niewielkie zmiany temperatury i poziomu nasłonecznienia" [53]. Jednak w miarę jak naukowcy dopracowywali swoje modele klimatyczne, przemiany te zaczynały się jawić jako nie niewielkie, ale katastroficzne.

W 1983 roku Richard Turco, Brian Toon (o którym wspominałem w pierwszym rozdziale), Thomas Ackerman, James Pollack i Carl Sagan opublikowali artykuł znany dziś jako *TTAPS* (od pierwszych liter nazwisk autorów). Wykorzystywali w nim modele meteorologiczne, częściowo wyprowadzone z badań erupcji wulkanicznych, żeby przewidzieć globalny wpływ wojny nuklearnej na poziom nasłonecznienia i temperaturę [54].

TTAPS postawił tezę, że pył i dym atomowych pożarów mogą zmniejszyć ilość światła słonecznego docierającego na powierzchnię ziemi o ponad dziewięćdziesiąt procent, a globalne temperatury obniżyć o piętnaście–dwadzieścia pięć stopni. Podobnie jak w przypadku uderzeń asteroid i wybuchów superwulkanów tak szybkie i drastyczne ochłodzenie uniemożliwiłoby pracę w rolnictwie nawet na terenach nietkniętych przez rakiety. Nie byłoby ucieczki przed „zimą nuklearną", jak nazwali to zjawisko autorzy *TTAPS*.

Zima nuklearna zapanowała nad wyobraźnią opinii publicznej, bo obaliła budowane latami przez strategów po obu stronach przekonanie, że wojnę atomową da się przeżyć, a nawet wygrać. Argumentacja artykułu wstrząsnęła nowym przywódcą ZSRR Michaiłem Gorbaczowem, a także prezydentem Reaganem, który stwierdził, że konflikt jądrowy „mógłby się skończyć bez zwycięzcy, bo zniszczylibyśmy Ziemię, jaką znamy" [55]. Stawka wymiany nuklearnej stała się nieskończona. „Wojna atomowa zagraża wszystkim naszym potomkom aż po kres istnienia ludzkości […]. Wyginięcie – to zniszczenie ludzkiego projektu" [56].

Teoria zimy nuklearnej miała swoich krytyków, w tym naukowców sceptycznie podchodzących do wniosków postawionych przez *TTAPS*. Modele klimatyczne na początku lat osiemdziesiątych były dość prymitywne, a jak stwierdzili sami autorzy artykułu, problem wojny atomowej „nie poddaje się badaniu metodą eksperymentu" [57] – to znaczy, że aby mieć pewność, co stanie się po wojnie jądrowej, trzeba najpierw przeprowadzić wojnę jądrową. Nawet niektórzy ze współautorów *TTAPS* powiedzieli później, że ich odkrycia zostały trochę rozdmuchane przez media. O ile jednak naukowcy spierają się, jak zimna byłaby nuklearna zima – niektórzy twierdzą, że byłaby to raczej „nuklearna jesień" – nikt nie ma wątpliwości, że jej wpływ na klimat byłby znaczny, może nawet niszczycielski. Badanie prze-

prowadzone w 2007 roku przez Alana Robocka prognozowało ochłodzenie o nawet dwadzieścia stopni na najważniejszych obszarach rolniczych USA, a w Rosji jeszcze większe [58]. Robock jest też klimatologiem, ale powiedział mi:

– O wiele bardziej boję się wojny jądrowej niż globalnego ocieplenia, bo wojna jądrowa może wywołać natychmiastową zmianę klimatu.

Groźba zimy atomowej wpłynęła na opinię publiczną i na politykę. W 1986 roku – w którym Turco, główny autor *TTAPS*, otrzymał nagrodę MacArthura [59] – liczba głowic jądrowych na świecie osiągnęła szczyt, ale od tego czasu spadała [60]. Skończyła się zimna wojna, wzajemna gwarancja zagłady przestała być aż tak ważna. W 1996 roku William Perry, jeden z pierwszych w nowej epoce sekretarzy obrony USA, spotkał się ze swoim rosyjskim odpowiednikiem Pawłem Graczowem, by zasiać nasiona słoneczników na polu pod ukraińską bazą rakietową i symbolicznie zakończyć zagrożenie wojną nuklearną [61]. Kiedy Perry obejmował urząd, wskazówki zegara zagłady stały na siedemnastu minutach przed północą. Nigdy wcześniej ani później zegar nie był równie daleko od pełnej godziny [62].

– Myślałem, że mamy ten problem już za sobą – mówi Perry.

Nie mieliśmy.

Poranek 13 stycznia 2018 roku w Honolulu był ciepły, a w powietrzu czuło się wilgoć. Robert de Neufville nie spieszył się ze wstawaniem z łóżka. Jest dyrektorem do spraw relacji publicznych w Global Catastrophic Risk Institute, think tanku zajmującym się zagrożeniami egzystencjalnymi. De Neufville pracował wówczas nad bardzo ważnym projektem. Wraz ze swoimi kolegami Tonym Barrettem i Sethem Baumem próbował odpowiedzieć na jątrzące go pytanie: jak bardzo prawdopodobny jest wybuch wojny atomowej w przyszłości?

Zadaniem de Neufville'a było poszukiwanie w archiwach śladów wszystkich sytuacji, w których świat stanął na skraju konfliktu atomowego, czy to w wyniku napięć, czy zwykłej pomyłki. Historia ma znaczenie. Chociaż tyle razy zbliżyliśmy się do nuklearnej zagłady, od czasu Nagasaki minęło ponad siedemdziesiąt lat, podczas których nikt nie wykorzystał broni jądrowej na wojnie. Ewidentnie mieliśmy szczęście – dowodem na to były wszystkie sytuacje, gdy niewiele brakowało. Ale de Neufville i jego koledzy zastanawiali się, czy nie istniała jakaś przeszkoda lub komplikacja, które powodowały, że konflikt nuklearny nie był prawdopodobny, nieważne, jak bardzo się do niego zbliżaliśmy. Gdyby tak było, zidentyfikowanie ich pomogłoby nam zrozumieć, jakie ryzyko broń atomowa będzie stanowić w przyszłości.

Tego poranka, około 8.10, dziewczyna badacza obudziła go, by pokazać mu wiadomość, która przyszła na jej telefon: „RAKIETA BALISTYCZNA ZBLIŻA SIĘ DO HAWAJÓW. NATYCHMIAST ZNAJDŹ SCHRONIENIE. TO NIE SĄ ĆWICZENIA" [63].

– Przez chwilę nie rozumieliśmy, co się dzieje – mówi de Neufville. – Pomyślałem sobie: „No cóż, to może być koniec. Nie jest to całkiem niemożliwe". Nie wiem, czy rzeczywiście się bałem, ale przemknęło mi przez myśl: „Wszyscy możemy zaraz zginąć". Chyba wielu mieszkańców Honolulu pomyślało dokładnie to samo: „Dziś rano wszyscy możemy zginąć".

Robert wiedział, że powinien wraz ze swoją dziewczyną szukać jakiegoś schronienia przed nadlatującą rakietą, ale zamiast tego zaczął myśleć o kolegach, którzy akurat u niego nocowali.

– Przyjechali z kontynentu – mówi. – Mieli dwójkę dzieci, jedno dziesięcioletnie, drugie dwunastoletnie. I pomyślałem sobie: „Byli w Kalifornii, a teraz może zginą". – Potem myślał o swoich kotach. – Moje koty zginą. Poważnie: czy mam ratować koty?

W przypadku zagrożenia wybuchem nuklearnym najlepszą strategią jest zostać tam, gdzie się jest, z dala od okien, najlepiej w centrum budynku. Ale dom de Neufville'a był zbudowany z drewna. Robert pomyślał o zagonieniu wszystkich do kanałów ściekowych, w których mogliby znaleźć osłonę przed falą uderzeniową, jednak zdał sobie sprawę, że nie ma czasu znaleźć łomu, by podważyć pokrywę blokującą wejście. Mijały kolejne minuty.

– Naprawdę uderzyło mnie, że kiedyś już myślałem, co powinniśmy zrobić w tej sytuacji – stwierdza. – Ale okazało się, że kiedy to stało się naprawdę, nie wiedziałem, jaki mam plan.

W końcu zrobił to, co pewnie zrobiłaby większość z nas: zajrzał na Twittera. Zobaczył tam tweet od reprezentującej Hawaje w Kongresie Tulsi Gabbard: „HAWAJE – TO FAŁSZYWY ALARM. DO HAWAJÓW NIE ZBLIŻA SIĘ ŻADEN POCISK. POTWIERDZIŁAM U ODPOWIEDZIALNYCH WŁADZ, ŻE NIE MA ŻADNEJ RAKIETY" [64]. Trzydzieści osiem minut po ogłoszeniu alarmu – dłużej niż trwałby przelot rakiety międzykontynentalnej – władze Hawajów wydały oficjalne dementi [65]. Alarm rzeczywiście był fałszywy.

Wciąż do końca nie wiadomo, co się stało. Pierwsze doniesienia sugerowały, że pracownik Hawajskiej Agencji Zarządzania Kryzysowego przypadkiem aktywował kod prawdziwego alarmu zamiast próbnego – a potem na dodatek kliknął „tak", gdy komputer poprosił o potwierdzenie [66]. Sam zainteresowany twierdził, że był pewien, iż alarm jest prawdziwy, władze Hawajów zaś podały później, że zamarł po wciśnięciu niewłaściwego przycisku (a wkrótce potem został zwolniony) [67]. Tak czy inaczej, szkód nie dało się już odwrócić.

Pobudka za pomocą telefonicznego alarmu o rakiecie z atomową głowicą byłaby wstrząsająca dla każdego, jednak atmosfera polityczna na

początku 2018 roku pozwalała z łatwością uwierzyć, że wizja wojny nuklearnej – jeszcze niedawno zamknięta w zimnowojennym lamusie – jest bardzo realna.

Korea Północna spędziła pierwszą połowę 2017 roku, testując rakiety balistyczne, we wrześniu zaś przeprowadziła swoją szesnastą próbę nuklearną – reżim ogłosił, że tym razem zdetonował ładunek termojądrowy. Prezydent Donald Trump odpowiedział, grożąc KRLD „ogniem i furią", a 2 stycznia 2018 roku opublikował tweet, w którym stwierdził, że jego nuklearny guzik jest „o wiele większy i potężniejszy" od guzika północnokoreańskiego dyktatora Kim Dzong Una [68]. Na początku grudnia na Hawajach po raz pierwszy od trzech dziesięcioleci uruchomiono syrenę ostrzegającą przed atakiem atomowym [69]. Nic dziwnego, że wszyscy byli gotowi panikować.

Napięcia między USA a Koreą Północną osłabły nieco, gdy Trump i Kim spotkali się pół roku później na szczycie w Singapurze. Ale na początku 2019 roku, gdy piszę te słowa, Pjongjang wciąż nie zdemontował jeszcze ani jednej głowicy, Moskwa znowu potrząsa nuklearną szabelką, a Stany Zjednoczone rozpoczęły modernizację swojego arsenału. Postawmy sprawę jasno: egzystencjalne zagrożenie wojną jądrową jest wciąż wielkie, pod pewnymi względami nie mniejsze niż w najciemniejszych godzinach zimnej wojny.

– Nie wyobrażałem sobie, że moglibyśmy wrócić do zimnej wojny i atomowego wyścigu zbrojeń – mówi Perry. – Ale się myliłem.

Może ciężko w to uwierzyć. Lata podpisywania nowych układów rozbrojeniowych zmniejszyły liczbę głowic nuklearnych na świecie z siedemdziesięciu tysięcy u szczytu ich liczebności w 1986 roku do około czternastu i pół tysiąca dzisiaj [70]. Stany Zjednoczone i Rosja kontrolują dziewięćdziesiąt trzy procent tych ładunków, o ile zaś relacje między nimi są wyraź-

nie napięte, o tyle oba wielkie mocarstwa atomowe nie są już zajadłymi ideologicznymi wrogami. Nikt na świecie nie widział nuklearnego grzyba od 1980 roku, kiedy to Chiny przeprowadziły ostatnią atmosferyczną próbę jądrową – od tamtej pory nawet Korea Północna testuje swoje ładunki pod ziemią [71]. Szkolenia spod znaku „padnij, kryj się" należą do zimnowojennej przeszłości – władze Nowego Jorku zaczęły w 2018 roku demontować wszechobecne niegdyś żółte znaki wskazujące schrony atomowe, po części dlatego, że od dziesięcioleci nikt nie troszczył się o utrzymanie samych schronów [72].

Ale pod powierzchnią tych dobrych znaków słabło nuklearne *status quo*. Podczas zimnej wojny było tylko pięć jawnych mocarstw atomowych: Stany Zjednoczone, Związek Radziecki, Wielka Brytania, Francja i Chiny. Dziś coraz większe arsenały nuklearne mają też Indie i Pakistan – zaprzysięgli wrogowie, którzy w ciągu siedemdziesięciu lat przeprowadzili trzy wojny oraz dziesiątki potyczek. Izrael nigdy nie ogłosił tego publicznie, jednak powszechnie uważa się, że jest mocarstwem atomowym. Gdy prezydent Trump wycofał się z podpisanego za administracji Baracka Obamy układu z Iranem, który ograniczał ambicje nuklearne kraju nad Zatoką Perską, mógł wbrew swoim zamierzeniom otworzyć Teheranowi drzwi do bomby jądrowej – chociaż nie ma jeszcze dowodów, żeby prace nad nią zostały wznowione. O ile zaś od wielu lat prezydenci USA, niezależnie od partii politycznej, uważali zapobieganie rozprzestrzenianiu się broni atomowej za ważny cel, Trump dawał w przeszłości do zrozumienia, że nie przeszkadza mu zbytnio myśl o zdobyciu jej przez sojuszników Ameryki takich jak Japonia albo Korea Południowa, a nawet Arabia Saudyjska [73]. Rachunek jest tu banalnie prosty: im więcej państw dysponuje uzbrojeniem nuklearnym, tym trudniej utrzymać między nimi pokój i tym większe ryzyko wypadku [74].

W ostatnich latach USA i Rosja wcale nie próbowały ustabilizować równowagi atomowej, wręcz przeciwnie. Oba kraje zaczęły wycofywać się z cięć arsenałów atomowych i rozpoczęły kosztowne (oraz niebezpieczne) programy ich modernizacji i rozbudowy. Pozycja Moskwy jest dziś odwrotnością sytuacji z początku zimnej wojny – amerykańskie siły konwencjonalne są liczniejsze i lepiej uzbrojone, bo USA wydaje na obronność dziewięć razy tyle co Rosja; w przypadku konfliktu armia Federacji Rosyjskiej nie ma szans [75]. A zatem Rosjanie robią to, co wcześniej Amerykanie: zakładają, że grożenie użyciem broni jądrowej wyrówna słabość ich normalnych wojsk.

Rosyjski prezydent Władimir Putin wspominał o możliwości wykorzystania taktycznych pocisków nuklearnych w sytuacji wojny z NATO, najwyraźniej w nadziei skłonienia Zachodu, by wycofał się, zamiast ryzykować eskalację od granicznych utarczek do wojny jądrowej. Moskwa również rozwija i buduje nowe głowice jądrowe oraz wyrzutnie [76], w tym superbroń taką jak „torpeda zagłady" – automatyczna, niewykrywalna łódź podwodna wyposażona w olbrzymią głowicę nuklearną, rzekomo zdolna skazić radioaktywnie sporą część wschodniego wybrzeża Ameryki Północnej [77]. Putin nie ma też skrupułów przed popisywaniem się siłą rosyjskiego arsenału atomowego. „Pomimo wszystkich problemów w gospodarce, finansach i przemyśle zbrojeniowym Rosja pozostaje potęgą nuklearną" – powiedział podczas dorocznej odezwy do narodu w marcu 2018 roku. – Nikt nie chciał naprawdę rozmawiać z nami o sednie problemu [z Zachodem], nikt nie chciał nas słuchać. To teraz słuchajcie" [78].

Stany Zjednoczone słuchają. Prezydent Barack Obama otrzymał Pokojową Nagrodę Nobla w 2009 roku po części za swoje zaangażowanie w powstrzymywanie rozprzestrzeniania broni jądrowej, a w ciągu trzynastu miesięcy od jego inauguracji został wynegocjowany nowy układ o redukcji

zbrojeń strategicznych (Strategic Arms Reduction Treaty, nowy START). Jednak przed końcem jego drugiej kadencji – choć został pierwszym urzędującym prezydentem, który odwiedził Hirosimę, gdzie apelował o „świat bez broni nuklearnej" – Waszyngton zaczął modernizować swój arsenał jądrowy [79].

Po odejściu Obamy proces ten jeszcze przyspieszył. Według raportu Departamentu Obrony *Nuclear Posture Review* z 2018 roku administracja Trumpa zaplanowała rozbudowę amerykańskiego uzbrojenia nuklearnego, która w ciągu następnych trzydziestu lat będzie kosztować około 1,2 *biliona* dolarów [80]. W lutym 2019 roku USA ogłosiły, że zawieszają układ o eliminacji rakiet średniego i krótszego zasięgu – traktat podpisany przez Reagana i Gorbaczowa w 1987 roku, na mocy którego obie strony miały rozmontować swoje balistyczne rakiety ziemia–ziemia o zasięgu pięćset–pięć tysięcy pięćset kilometrów, czyli tak zwane uzbrojenie taktyczne. Administracja Trumpa uzasadniała swoją decyzję tym, że Rosja od wielu lat obchodziła warunki traktatu. To prawda – ale jednostronne wycofanie z układu zamiast ukarania Rosjan za naruszanie go *de facto* zamknęło drogę do nowych umów rozbrojeniowych w przyszłości. Możliwy stał się za to miniwyścig zbrojeń, w którym oba kraje dążyłyby do wyposażenia się w taktyczną broń atomową o niskiej mocy [81].

Wspomniany raport Departamentu Obrony podaje też, że Stany Zjednoczone zastrzegają sobie prawo do odpowiedzi na ataki nienuklearne – na przykład na poważny cyberatak – za pomocą broni jądrowej. Skończył się dwubiegunowy świat zimnej wojny. Kiedyś polityka nuklearna USA w całości skupiała się na odpowiedzi na olbrzymie bombardowanie ze strony Związku Radzieckiego – stąd morderczy potencjał planów odkrytych przez Ellsberga – ale dzisiaj prezydenci Ameryki muszą się poruszać w wielobiegunowym świecie, w którym istnieją różne zagrożenia ze strony

różnych rywali dążących do różnych celów. Przybywa ataków cybernetycznych, jednak rośnie też zagrożenie terroryzmem chemicznym i biologicznym, pojawiają się nowe regionalne konflikty, w które są zaangażowani sojusznicy USA, na przykład krwawa wojna prowadzona przez Arabię Saudyjską w Jemenie. Jeśli dyktator taki jak prezydent Syrii Baszar Al-Asad jest gotów wykorzystać broń masowej zagłady przeciwko własnemu narodowi, czy Stany Zjednoczone powinny zagrozić atakiem jądrowym? A co, jeśli cyberatak przeciwko wielkiej amerykańskiej korporacji okaże się mieć źródło w Chinach albo Rosji? Wojna atomowa nie jest już tak prosta jak w czasach megaśmierci rozważanych przez Hermana Kahna.

Wszystko to – zmiana postawy w kwestii broni jądrowej, wycofanie z traktatów rozbrojeniowych, budowa nowego uzbrojenia – oznacza dla nas, że padają zapory chroniące nas przed wojną nuklearną. Taktyczne atomówki o niskiej mocy to „przystawki" zaostrzające apetyt na konflikt totalny, a zwiększanie zakresu ataków, na które Stany Zjednoczone mogą odpowiedzieć jądrowym kontruderzeniem, rozmywa granicę między wojną konwencjonalną a jądrową – a ta powinna być wyjątkowo wyraźna. Każdy racjonalny przywódca wzdrygnąłby się na myśl o odpaleniu totalnego bombardowania atomowego o liczbie ofiar idącej w miliardy. Ale pojedyncza rakieta taktyczna może się wydawać znacznie bliższa konwencjonalnym nalotom, nakazywanym przez prezydentów Ameryki w odpowiedzi na bardzo szeroki zakres nieegzystencjalnych zagrożeń. Tylko że nikt nie wie, co się stanie po złamaniu nuklearnej pieczęci nawet przez względnie niewielką bombę.

– Kiedy zacznie się używać broni atomowej, taka sytuacja nie jest stabilna – mówi Joe Cirincione, prezes Ploughshares Fund, organizacji charytatywnej zwalczającej broń jądrową.

Kwestia stabilności prowadzi nas do najbardziej niestabilnego ze wszystkich czynników: Donalda Trumpa. Prezydent Stanów Zjednoczonych jest najpotężniejszym człowiekiem na świecie – przede wszystkim dlatego, że ma wyłączną kontrolę nad amerykańskim arsenałem nuklearnym. Jeśli chce przeprowadzić atak jądrowy – a USA nigdy nie przestały rościć sobie prawa do wykorzystania broni atomowej bez nuklearnego uderzenia przeciwnika – to nikt nie może go powstrzymać: ani Kongres, ani sekretarz obrony, ani szefowie sztabów. Stosowny rozkaz trafia od prezydenta do oficera w Dowództwie Strategicznym, a stamtąd do załóg silosów atomowych, bombowców i łodzi podwodnych [82]. O ile wojskowi teoretycznie mają obowiązek odmówić wykonania „bezprawnych" poleceń – a generał John Hyten, szef Dowództwa Strategicznego, powiedział, że sprzeciwiłby się „nielegalnemu" uderzeniu nuklearnemu [83] – o tyle w praktyce nie byłoby trudno wymyślić prawnego uzasadnienia dla niemal dowolnego ataku, jaki tylko wymarzyłby sobie aktualny mieszkaniec Białego Domu. Prezydent potrzebuje tylko, żeby większość Amerykanów zgodziła się powierzyć mu to stanowisko – a tak właściwie to już kilka razy okazało się, że nawet to nie jest konieczne.

Absolutna kontrola prezydenta nad arsenałem nuklearnym nie zaczęła się od Donalda Trumpa. Rozkaz zrzucenia bomb atomowych na Japonię, choć został słownie zatwierdzony przez Trumana, tak naprawdę był przygotowany przez generała Grovesa z projektu Manhattan i podpisany przez sekretarza wojny Henry'ego Stimsona. Gdy jednak prezydent Truman głośno rozważał podczas wojny w Korei pozwolenie dowódcom wojskowym na stosowanie broni jądrowej według własnego uznania, tak jak to jest z każdym innym rodzajem uzbrojenia, opinia publiczna zaprotestowała. Administracja wydała w końcu oświadczenie potwierdzające, że głowa państwa musi zatwierdzić każde wykorzystanie bomby atomowej [84].

Dopracowanie łańcucha dowodzenia zajęło trochę czasu, ale do momentu powołania gabinetu Kennedy'ego oficjalnie przyjęto zasadę, że o ataku jądrowym decyduje prezydent i tylko prezydent. Trzeba zauważyć, że to zdecydowanie słuszny krok. Generał Douglas MacArthur, dowódca wojsk amerykańskich i sił ONZ w Korei, zwolniony z tego stanowiska przez Trumana, powiedział później jednemu ze swoich biografów, że chciał zrzucić na Koreę Północną i sprzymierzone z nią Chiny dziesiątki bomb nuklearnych [85]. W 1968 roku generał William Westmoreland rozpoczął wykonywanie planu rozmieszczenia broni atomowej w Wietnamie Południowym, ale powstrzymał go prezydent Johnson [86]. O ile za prezydentury Trumpa za stronę bardziej wstrzemięźliwą zaczął uchodzić Pentagon, zdecydowanie nie zawsze tak było.

Wprawdzie prezydencka kontrola nad bronią jądrową pozwala utrzymać broń zdolną zniszczyć świat w rękach cywilów, ale ważne, czyje konkretnie to ręce. Podczas jednego ze swoich ostatnich, rozpaczliwych dni na urzędzie prezydent Nixon – wówczas ustawicznie pijany – miał się przechwalać, że „może iść do gabinetu, podnieść słuchawkę i za dwadzieścia pięć minut zginie siedemdziesiąt milionów ludzi" [87]. Podnosił możliwość sięgnięcia po broń nuklearną podczas ofensywy Wietnamu Północnego w 1972 roku, musiał mu to wyperswadować Henry Kissinger. W ostatnim roku prezydentury Reagana jego otoczenie podobno tak niepokoiło się coraz gorszym stanem umysłowym prezydenta – który w 2004 roku zmarł na alzheimera – że zaczęło omawiać powołanie się na dwudziestą piątą poprawkę do konstytucji, pozwalającą wiceprezydentowi przejąć obowiązki głowy państwa, jeśli ta nie jest zdolna ich wykonywać.

Trump nie pije alkoholu, a chociaż część ekspertów wyraziła przypuszczenie, że może wykazywać wczesne objawy demencji, wygląda na to, że jest w lepszym stanie niż Reagan pod koniec prezydentury. I tak jednak dał

światu wiele powodów do wątpliwości, czy można mu powierzyć kody do wyrzutni atomowych. Otwarcie zagroził Korei Północnej atakiem nuklearnym, z radością powitał wznowienie jądrowego wyścigu zbrojeń z Rosją, a latem 2017 roku podobno powiedział wojskowym, że chce dziesięciokrotnie powiększyć amerykański arsenał atomowy, przywracając go do stanu niewidzianego od zakończenia zimnej wojny. Konto Trumpa na Twitterze jest jak EKG jego choleryczności – a taka burzliwa osobowość nie jest dobra u człowieka mającego tak wielką władzę [88].

Jesienią 2017 roku komisja spraw zagranicznych Senatu zwołała posiedzenie, na którym badała uprawnienia prezydenta do wykorzystywania broni atomowej [89]. Już samo odbycie takiej sesji zwracało uwagę – tematu tego nie omawiano w ten sposób od czterdziestu jeden lat. Jeszcze istotniejszy był jednak wynik spotkania. Jeden biegły po drugim zeznawał dokładnie to samo: w praktyce nic nie powstrzymuje Donalda Trumpa ani żadnego z przyszłych prezydentów przed rozpętaniem wojny nuklearnej na podstawie własnego widzimisię. Kongres mógłby podjąć działania ograniczające władzę głowy państwa w tym zakresie – dwoje demokratów przedstawiło projekt stosownej ustawy – ale szanse na wejście takich przepisów w życie są niewielkie, zwłaszcza że prezydent mógłby je po prostu zawetować.

Czy sam Trump jest egzystencjalnym zagrożeniem dla naszej planety? Być może – ale jeśli tak, to dlatego, że system zbudowany w USA w latach, które minęły od testu Trinity, pozwala mu na to. Cała struktura dowodzenia i kontroli nad bronią atomową została zaprojektowana z myślą o zaskoczeniu oraz szybkości – ale lotu pocisków, a nie procesu podejmowania racjonalnych decyzji przez człowieka. Właśnie dlatego wypadki i błędy w sprawach dotyczących uzbrojenia nuklearnego są tak wyjątkowo groźne. Jeśli przywódca mocarstwa atomowego ma powód uważać, że do jego kraju zbliżają się pociski jądrowe, dysponuje zaledwie paroma minutami, by zde-

cydować, czy zagrożenie jest prawdziwe oraz czy należy na nie odpowiedzieć. Kontratak może oznaczać koniec ludzkości. Jeśli jednak decydent się zawaha, prawdziwe uderzenie wyprzedzające może pozbawić jego kraj zdolności do odpowiedzi. Koniec wojny, koniec kraju, koniec samego przywódcy.

Jeśli chodzi o egzystencjalne zagrożenie użyciem broni atomowej, większym problemem od palca na spuście jest sam spust, tłumaczy mi Elaine Scarry, profesor literatury angielskiej na Harvardzie i autorka *Thermonuclear Monarchy*, książki ostro krytykującej prezydencki nuklearny monopol.

– Ludzie wyjątkowo przejmują się Trumpem, ale nie mają świadomości obłędu i ohydy samego systemu – twierdzi. – Ohyda ta nie wynika z posiadania niesympatycznych cech charakteru, pojawia się nawet wtedy, gdy wybierzemy tego, kogo lubimy najbardziej na świecie. Polega na tym, że ciągle ryzykujemy, że tym razem stanie się to naprawdę, a potem wszystko kończy się w jeden dzień.

Możemy przynajmniej zacząć zmieniać ten system. William Perry spędza ostatnie lata swojego życia na ostrzeganiu świata przed bronią nuklearną. Chce, żeby Waszyngton zdjął palec z atomowego spustu i zerwał z przestarzałą zasadą „odpalenia po ostrzeżeniu” (*launch-on-warning*), praktykowaną w przypadku międzykontynentalnych pocisków balistycznych. Wprowadzono ją, by zagwarantować, że amerykańskie silosy rakietowe nie zostaną zniszczone niespodziewanym radzieckim atakiem, ale dawno już przestała być użyteczna. Odpalenie po ostrzeżeniu to powód, dla którego prezydent ma tylko kilka minut na potwierdzenie, że kraj jest atakowany, nim zadecyduje o odpowiedzi, co znacznie zwiększa ryzyko błędu. Stany Zjednoczone dysponują tak zwaną triadą nuklearną: pociskami międzykontynentalnymi, bombowcami i łodziami podwodnymi. Jej dwie pozo-

stałe gałęzie byłyby w stanie kontratakować nawet wówczas, gdyby pierwsze uderzenie wyeliminowało jakimś cudem silosy i strukturę dowodzenia.

Nie ma czasu czekać. Martin Hellman, inżynier elektryk i kryptolog na Uniwersytecie Stanforda, dokonał niezbędnych obliczeń i porównuje prawdopodobieństwo wojny atomowej do rosyjskiej ruletki. Każdy nuklearny kryzys, każde spięcie między dwoma atomowymi mocarstwami, każdy wypadek, w który będzie zamieszana broń jądrowa – to pociągnięcie za spust. Prędzej czy później musimy trafić na komorę z nabojem.

W artykule z 2009 roku Hellman ocenił prawdopodobieństwo, że „kryzys w typie kubańskiego" wywoła konflikt nuklearny, na 0,2 do jednego procenta rocznie [90]. Wydaje się, że to bardzo mało. Ryzyko to składa się jednak z roku na rok, tak szybko, że w ocenie Hellmana dziecko urodzone w 2009 roku ma dziesięć procent prawdopodobieństwa zginąć podczas wojny atomowej. Inni eksperci podają wyższe lub niższe wartości, ważne jest jednak to, że dopóki broń jądrowa istnieje, dopóty będzie egzystencjalnym zagrożeniem, na które nie możemy sobie pozwolić. Canberska Komisja do spraw Eliminacji Broni Nuklearnej (Canberra Commission on the Elimination of Nuclear Weapons), międzynarodowa grupa analizująca przyszłość uzbrojenia jądrowego, ujęła to w 1997 roku w ten sposób: „Postulat, że broń nuklearna może istnieć w nieskończoność i nigdy nie zostać wykorzystana – przypadkiem lub rozmyślnie – jest kompletnie niewiarygodny" [91].

Jak każde dziecko dorastające w latach osiemdziesiątych miałem takie noce, kiedy kładłem się spać przerażony, że zginę w wojnie atomowej – albo co gorsza, że jakimś cudem ją przeżyję. Miałem trzynaście lat, gdy zimna wojna dobiegła końca – a wraz z nią strach. Miecz, który według prezydenta Kennedy'ego wisiał nad naszymi karkami, nagle zniknął. Z wielkim gniewem przyjmuję zatem myśl, że mój syn przyszedł na świat,

w którym lęk przed atomem jest znowu bardzo realny i miecz może spaść na nas w każdej chwili.

Uważam, że o ile superwulkany stanowią największe naturalne zagrożenie egzystencjalne, o tyle broń atomowa pozostaje w tej chwili naszym największym zagrożeniem egzystencjalnym w ogóle. Nie asteroidy, nie choroby, nie sztuczna inteligencja, tylko stary nuklearny koszmar. Jeśli kiedyś zostanie wykorzystana, nie będzie przed nią żadnej obrony. Choć służy do prowadzenia wojny, zabija głównie cywilów. Ma zdolność zdewastowania całej planety, a nawet wytępienia naszego gatunku. Po latach przynoszących nadzieję postępów jakimś sposobem znowu jesteśmy zagrożeni.

– Każde z nas ma świadomość, przynajmniej przez większość czasu, że jesteśmy śmiertelni, że nasi przyjaciele i rodzina są śmiertelni – mówi mi Daniel Ellsberg. – Powinniśmy jednak mieć również świadomość, że śmiertelny jest też nasz gatunek. Zdobyliśmy zdolność do wytępienia samych siebie, a ja całe życie poświęciłem robieniu wszystkiego, co w mojej mocy, żeby do tego nie doszło. Bo myślę, że warto. Mimo wszystkich problemów cywilizacji warto walczyć o jej ocalenie.

A możemy to zrobić, bo tak samo jak mamy władzę zniszczyć ten świat za pomocą broni nuklearnej, mamy też moc się ocalić.

4

Zmiany klimatu

Co jesteśmy winni przyszłym pokoleniom?

Z wysokości dziewięciu kilometrów grenlandzki lądolód wydaje się niezniszczalny. To przeszło trzy biliony metrów sześciennych zamarzniętej wody. Jeśli jednak się do niego zbliżyć, naszym oczom ukazują się pęknięcia, żyły pozostałe po starożytnym stopionym lodzie, który wypływa z nich teraz przeczystym strumieniem. Tak pękają fundamenty zbudowanego przez nas świata.

Latem 2008 roku byłem na Grenlandii w ramach wyjazdu zorganizowanego przez rząd Danii, przygotowujący się do ugoszczenia rok później w Kopenhadze ważnego szczytu klimatycznego ONZ. Nasza grupa spędziła kilka dni w głębi zamarzniętej wyspy, w placówce badawczej, gdzie klimatolodzy wywiercili otwór o głębokości dwóch i pół kilometra w poszukiwaniu odpowiedzi na pytania o dawny klimat Ziemi. Rdzenie lodowe wydobywane przez badaczy zawierają malutkie bańki powietrza, dzięki którym możemy poznać temperaturę, stężenie gazów cieplarnianych, a nawet poziomy pyłu w powietrzu w roku ukształtowania się danej warstwy lodu (w rozdziale drugim przeczytaliśmy, jak za pomocą podobnych rdzeni naukowcy odtworzyli wpływ superwulkanów takich jak Toba). Rdzenie są dla badań globalnego ocieplenia jak pierścienie w pniu drzewa, a dzięki odkryciu ich tajemnic naukowcy mogą lepiej zrozumieć, jak olbrzymi grenlandzki lądolód zareaguje na ocieplenie klimatu w przyszłości. A jeśli należą Państwo do tych czterdziestu procent ludności świata, które miesz-

kają w odległości do stu kilometrów od brzegu morza, to nie ma w tym momencie ważniejszych pytań [1].

To jednak była praca nad przeszłością przemian klimatu, a ja przyjechałem na Grenlandię poznać ich przyszłość. Pod koniec naszej wycieczki wybraliśmy się na przelot helikopterem nad największym grenlandzkim lodowcem – Jakobshavn. To długi na pięćdziesiąt sześć kilometrów lodowy jęzor wijący się na zachodnim wybrzeżu wyspy. Lodowce wypustowe takie jak Jakobshavn to rynny odpływowe Arktyki – gdy przesuwają się w kierunku oceanu, pękają i topnieją, powoli podnosząc poziom morza. Razem z przyspieszeniem globalnego ocieplenia przyspieszył też Jakobshavn – dziś przesuwa się w tempie niemal pięćdziesięciu metrów dziennie, czyli prawie trzy razy szybciej niż w latach dziewięćdziesiątych [2]. Wprawdzie badania przeprowadzone w 2019 roku wykazały, że przez ostatnie kilka lat znowu rósł, jednak przyczyną było tymczasowe ochłodzenie wody oceanicznej w tym rejonie, co może sugerować, że w przyszłości będzie jeszcze bardziej narażony na wpływ ocieplenia [3].

Nasz helikopter wylądował na skalistym spłachetku ziemi wyrastającym ponad lodowiec. Dni spędzone w stacji badawczej na lądolodzie – tylko dni, bo podczas polarnego lata słońce świeci nawet o północy – wpoiły nam przekonanie, że lód jest wieczny i niezmienny. Mogłem wyjść z namiotu, w którym spałem, spojrzeć na biel rozciągającą się we wszystkich kierunkach po sam horyzont i mieć świadomość, że pod stopami mam setki metrów zamarzniętej wody [4]. Tu jednak zobaczyłem rzekę lodu, skał i wody wpadającą do oceanu. A potem zacząłem słyszeć. Z początku było to niskie dudnienie, niczym kroki odległego, ale zbliżającego się wojska. Po nim nastąpiło coś jak echo gromu, trwające nieprzerwanie przez dziesięć, dwadzieścia, trzydzieści sekund, a potem – bum, bum, bum, jedna niska nuta po drugiej, niczym dźwięk kotłów. Następny był odgłos przypomina-

jący westchnienie, uwolnienie napięcia i ciśnienia, jakby ktoś spuszczał powietrze z wnętrza Ziemi, po którym nadeszła chłodna cisza. Był to dźwięk pękania lodowca, od którego oddzielały się góry lodowe o rozmiarach wielkich willi, osuwające się do wody, gdzie zaczynały topnieć i łączyć się z morzem; dźwięk zmian klimatu w działaniu [5].

Globalne ocieplenie w niczym nie przypomina pozostałych zagrożeń egzystencjalnych opisanych w tej książce. Nie jest ani w pełni naturalne, ani całkiem antropogeniczne; stanowi raczej wytwór interakcji między mechaniką naszej planety a działaniami ludzkości jako gatunku uprzemysłowionego. O ile pozostałe zagrożenia są w gruncie rzeczy zerojedynkowe – wojna nuklearna lub uderzenie asteroidy to coś, co się zdarza albo nie – zmiany klimatu zachodzą już teraz. Ich siła wzrasta z każdym rokiem, kiedy ludzie spalają paliwa kopalne, wycinają lasy i na inne sposoby dodają miliardy ton gazów cieplarnianych do atmosfery. Zagrożenia naturalne takie jak erupcje superwulkanów są niezwykle rzadkie, a prawdopodobieństwo przyszłych antropogenicznych zagrożeń egzystencjalnych, chociażby ze strony sztucznej inteligencji, właściwie nie daje się zmierzyć. Tymczasem naukowcy są w stanie prognozować tempo ocieplania klimatu w ciągu następnych dziesięcioleci z mrożącą krew w żyłach dokładnością. Ich odkrycia są przerażające.

Średnia temperatura na naszej planecie wzrosła od końca XIX wieku już o mniej więcej jeden stopień Celsjusza. Jest niemal pewne, że główną przyczyną są emisje gazów cieplarnianych przez człowieka [6]. Ocieplenie przyspiesza, pięć najgorętszych lat w historii pomiarów zanotowano w ciągu ostatniego dziesięciolecia. Poziom mórz wzrósł przez ostatnich sto lat o dwadzieścia centymetrów – ten proces również zachodzi coraz szybciej. Pokrywa lodowa Arktyki zmniejszała się średnio o 12,8 procent w każdym dziesięcioleciu od początku badań satelitarnych w 1979 roku [7], po części

dlatego, że daleka Północ rozgrzewa się w takim tempie, że *zimą* 2018 roku na biegunie północnym temperatura kilkukrotnie wzrosła powyżej zera [8]. W 2017 roku liczba ludzi narażonych na fale upałów była o sto pięćdziesiąt siedem milionów większa niż w 1990 roku [9], a roczna liczba katastrof pogodowych na świecie w latach 2007–2016 wzrosła o czterdzieści sześć procent w porównaniu z latami dziewięćdziesiątymi [10]. W 2017 roku – w którym huragany Harvey i Maria zdewastowały Amerykę – ekstremalne zjawiska pogodowe spowodowały najkosztowniejsze zniszczenia w dziejach; szacuje się, że globalne straty wyniosły trzysta dwadzieścia miliardów dolarów. Jesień 2018 roku zaznaczyła się niszczycielskimi pożarami lasów w Kalifornii, częściowo spowodowanymi suszą i upałami związanymi z przemianami klimatu. Dziesiątki mieszkańców stanu spłonęły żywcem w swoich samochodach i domach [11].

A przyszłość będzie o wiele gorsza. Szokujący raport Międzyrządowego Zespołu do spraw Zmian Klimatu ONZ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), uważanego za standard w dziedzinie klimatologii, wykazał, że jeśli globalne emisje gazów cieplarnianych pozostaną na obecnym poziomie, atmosfera do 2040 roku może się ogrzać o półtora stopnia w stosunku do epoki preindustrialnej. Do tego czasu około pięćdziesięciu milionów ludzi może zostać dotkniętych rosnącą liczbą i intensywnością powodzi na wybrzeżach morskich, co wywołałoby ruchy uchodźcze zupełnie przyćmiewające te dzisiejsze [12]. Do 2050 roku niemal jedna trzecia powierzchni świata może się zmienić w pustynię [13]. Jeśli ocieplenie sięgnie dwóch stopni – co wydaje się bardzo prawdopodobne, o ile nie dojdzie do politycznej i gospodarczej rewolucji – jego skutki będą dwukrotnie poważniejsze [14]. A dopóki nie przestaniemy wypuszczać węgla do atmosfery, zmiany klimatu się nie zatrzymają – co więcej, nawet gdy nam się to uda, będą trwały jeszcze jakiś czas. Mamy do czynienia z katastrofą, która trwa.

Jeśli brzmi to źle, to dlatego, że powinno. Ale źle – to jedno, zagrożenie egzystencjalne to całkiem co innego. Mimo wszystkiego, co wiemy i co przeżyliśmy, nie mamy pewności, do której kategorii będą należeć zmiany klimatu. To kolejny czynnik, który odróżnia je od pozostałych zagrożeń egzystencjalnych – niepewność konsekwencji. Ryzyko supererupcji, uderzenia dużej asteroidy albo nawet globalnej wojny atomowej jest niezwykle małe, ale nie mamy wątpliwości, że następstwa byłyby katastrofalne, a nawet groziłyby wyginięciem ludzkości. W przypadku globalnego ocieplenia jest odwrotnie. Przyszłość klimatu zależy głównie od naszych działań – od reakcji naszych systemów politycznych, gospodarczych i naukowych w kolejnych dziesięcioleciach, od tego, czy zainwestujemy w technologie niewydzielające węgla albo nawet wymyślimy jakiś sposób na wychwytywanie gazów cieplarnianych z atmosfery. Ale ma na nią wpływ również to, jak klimat zareaguje na dwutlenek węgla i inne gazy cieplarniane, które pompujemy do atmosfery. Niepewność dotyczy tego, jak poważne będą konsekwencje – nieprzyjemne, katastroficzne czy egzystencjalne.

Jest szansa, że klimat okaże się bardziej odporny na miliardy ton CO_2, którymi z pewnością jeszcze zalejemy atmosferę, a zatem ociepli się w następnych dziesięcioleciach mniej, niż sugerują prognozy. Być może nawet w przypadku ostrego wzrostu temperatur płyty lodowe i tropikalne lasy deszczowe dowiodą swojej wytrzymałości. To możliwe, tak samo jak można wyrzucić dwie szóstki przy grze w kości w kasynie, tak samo jak można wygrać w rosyjską ruletkę – można, ale to nie znaczy, że warto grać.

Niepewność działa jednak w obie strony. System klimatyczny może być bardzo wrażliwy na wzrost poziomu CO_2 i rozgrzać się nawet bardziej, niż wskazywałyby na to nasze modele. Kry lodowe Arktyki i tropikalne lasy deszczowe mogą nie wytrzymać zmian, a ich zagłada tylko przyspieszyłaby

ocieplanie. Skutkiem byłyby fale upałów tak potężnych, że wielkie połacie globu stałyby się niezdatne do zamieszkania przez ludzi. Wywołałoby to migracje i ludzkie nieszczęście na skalę zdolną zatrząsnąć resztkami politycznego ładu, a przez to bardziej narazić nas na inne zagrożenia egzystencjalne.

Naukowcy od dawna zakładali, że lądolód grenlandzki – którego części istnieją od kilku milionów lat – pozostanie z grubsza zamrożony jeszcze przez kilka tysiącleci, nawet mimo ciągłego ogrzewania się klimatu. Ale nowsze badania ostrzegają, że zarówno on, jak i jeszcze większy lądolód antarktyczny mogą zbliżać się albo nawet przekraczać punkt, za którym nie uda się już odwrócić topnienia i pewnego dnia zniknie w całości [15]. Oznaczałoby to wzrost poziomu morza o trzy metry lub nawet więcej w ciągu następnych pięćdziesięciu–stu pięćdziesięciu lat. To wystarczyłoby, aby do 2100 roku zalać między innymi Londyn, Nowy Jork i Szanghaj [16]. Na lodowcu Jakobshavn doświadczyłem w 2008 roku czegoś, co może być początkiem końca świata – przynajmniej takiego, jaki znamy. Ale może też być topnieniem charakterystycznym dla ciepłego letniego dnia.

Nie dowiemy się, dopóki nie nadejdzie przyszłość. To kolejny powód, dla którego tak ciężko zrozumieć zmiany klimatu. W przeciwieństwie do zwykłych zanieczyszczeń powietrza, powodujących smog i znikających z niego w ciągu kilku dni, gazy cieplarniane takie jak CO_2 wiszą w atmosferze przez dziesięciolecia albo nawet wieki. Antropogeniczne zmiany klimatu kumulują się i z biegiem czasu będą się tylko pogarszać. Doświadczamy dziś jedynie ułamka ocieplenia, do którego w końcu dojdzie przez wszystkie emisje tlenków węgla od czasu wynalezienia pierwszych napędzanych nim silników. Reszta będzie udziałem naszych potomków, trującą spuścizną po nas. Biorąc pod uwagę, jak egocentryczni i krótkowzroczni potrafią być ludzie – w tym bez dwóch zdań także decydenci polityczni –

należy stwierdzić, że to opóźnienie pozbawia nas motywacji do podjęcia walki ze zmianami klimatycznymi teraz.

Jest jeszcze jedna cecha, która wyróżnia zmiany klimatu spośród pozostałych potencjalnych zagrożeń egzystencjalnych. Wojnie atomowej możemy zapobiec, promując rozbrojenie. Przed asteroidami możemy się bronić za pomocą bardzo dużych głowic nuklearnych. Modyfikowane genetycznie patogeny możemy zwalczać regulacjami dotyczącymi stosowania technologii. W każdym wypadku zagrożenie istnieje poza nami, w dużej mierze nie zależy od naszych indywidualnych działań – nie licząc jednego człowieka, który odpala rakiety albo uwalnia zabójczy wirus. Ale ze zmianami klimatu jest inaczej. Właściwie wszystko, co robimy na Ziemi – jedzenie, prowadzenie aut, latanie samolotami, pracowanie, oglądanie telewizji, rodzenie dzieci – przyczynia się do wzrostu zagrożenia powstałego z każdej z tych czynności powtórzonej miliard albo bilion razy. Jak pisze dziennikarka „New Yorkera" Elizabeth Kolbert, w przypadku globalnego ocieplenia to my jesteśmy asteroidą [17].

Właśnie dlatego zmiany klimatu są tak trudnym zagrożeniem egzystencjalnym. Ekonomiści Gernot Wagner i Martin Weitzman piszą w swojej książce *Climate Shock: The Economic Consequences of a Hotter Planet*: „Zawsze istnieje niewielka szansa, że konkretna temperatura nie spowoduje szkód. Jest też niewielkie ryzyko, że zniszczy cały świat" [18]. Wyzwanie, które stoi przed nami – w przypadku wszystkich zagrożeń egzystencjalnych, ale szczególnie w przypadku globalnego ocieplenia – to powstrzymanie tej niepewności i nieodpowiedzialności, nim wszyscy przez nie zginiemy.

Na razie nie wygląda to dobrze.

Półtora roku po swojej wycieczce na Arktykę pojechałem do Kopenhagi na szczyt klimatyczny ONZ. W tym corocznym spotkaniu bierze udział sto dziewięćdziesiąt państw sygnatariuszy *Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu* (UNFCCC). To układ, od którego ponad dwadzieścia pięć lat temu zaczęła się międzynarodowa dyplomacja klimatyczna. Na Grenlandii ujrzałem globalne ocieplenie na własne oczy, w Kopenhadze zaś zacząłem rozumieć, że nie uda nam się mu zaradzić – przynajmniej nie tak, jak chcieliśmy.

Był to drugi szczyt klimatyczny, na który przyjechałem jako korespondent „Time". Pierwszy – dwa lata wcześniej – odbył się w znacznie przyjemniejszych warunkach, na indonezyjskiej wyspie Bali, gdzie upalne zwrotnikowe temperatury dowodziły, że naprawdę walczymy z globalnym ociepleniem. Ale tamto spotkanie skończyło się niewypałem. Jedną z najwcześniejszych decyzji prezydenta George'a W. Busha po objęciu urzędu było wycofanie USA z protokołu z Kioto – pierwszego traktatu nakazującego konkretne obniżenie emisji gazów cieplarnianych. Przez pozostałe osiem lat swojej administracji Bush i jego ekipa blokowali wszystkie znaczniejsze próby stworzenia silniejszego międzynarodowego układu klimatycznego oraz pilnowali, żeby szczyty takie jak ten na Bali były w dużej mierze bezproduktywne. Przyznam jednak, że podobało mi się patrzenie, jak napuszeni technokraci z ONZ pocą się w koszulach z indonezyjskiego batiku, włączonych do oficjalnych wymogów ubioru na szczycie [19].

Ale konferencja w Kopenhadze miała być inna. Zmiany klimatu stały się globalnym priorytetem. Wydawało się, że wszyscy – od aktywistów po korporacje – chcą sprawiać wrażenie szlachetnych i zielonych. Najwięcej obiecywano sobie po nowym prezydencie USA Baracku Obamie, dążącym do tego, by Ameryka znowu zaczęła przewodzić światu w tej dziedzinie.

Obama pojawił się na konferencji osobiście – podobnie jak ponad stu innych liderów z całego świata [20]. Do ich przyjazdu, zaplanowanego na ostatnie dni szczytu, zawodowi dyplomaci mieli przygotować następcę wygasającego protokołu z Kioto. Nowy traktat miał nałożyć na kraje całego świata – w tym na Stany Zjednoczone, które wycofały się z Kioto, oraz duże kraje rozwijające się takie jak Chiny, wyłączone spod tamtych ograniczeń – obowiązek ograniczenia emisji dwutlenku węgla. W Kopenhadze mieliśmy powstrzymać zmiany klimatu, a przynajmniej tak mi powtarzano raz po raz przez cały tydzień, gdy przedzierałem się przez zaśnieżone ulice miasta w drodze z jednego panelu na drugi.

Nie doszło do tego. Gdy Obama przyjeżdżał na oficjalny ostatni dzień szczytu, rozmowy były już w zasadzie zerwane. Poszło o odpowiedzialność wspomnianych „dużych krajów rozwijających się". Rozmowy klimatyczne ONZ zawsze dzieliły świat na kraje rozwinięte i te jeszcze do tego dążące. Obie grupy miały „wspólne, chociaż zróżnicowane, zasady odpowiedzialności" za przeciwdziałanie zmianom klimatu. Wspólne – bo globalne ocieplenie to globalny problem o globalnych przyczynach, a zatem państwa świata mają wspólny obowiązek zrobienia czegoś, by je powstrzymać. Zróżnicowane – bo kraje, które uprzemysłowiły się najwcześniej, czyli rozwinięte, mają znacznie większy wkład w ocieplenie klimatu, ponieważ produkowały dwutlenek węgla dłużej i w znacznie większych ilościach. A zatem na nich ciąży odpowiedzialność obcięcia emisji przed krajami rozwijającymi się.

Wydawało się to sprawiedliwe, bo było, jeśli porównywało się USA, emitujące 16,5 tony CO_2 na mieszkańca, z na przykład Rwandą, emitującą 0,1 tony [21]. Ale blok krajów rozwijających się uwzględniał nie tylko kraje pogrążone w nędzy, ale też wielkie mocarstwa przechodzące industrializację, błyskawicznie powiększające swoje gospodarki i emitujące tyle dwu-

tlenku węgla, ile było do tego trzeba, takie jak Chiny. Państwo Środka wyprzedziło Stany Zjednoczone na pozycji największego emitera tego gazu już w 2005 roku, a do czasu szczytu kopenhaskiego w 2009 roku wydzielało go już o sześćdziesiąt pięć procent więcej [22]. Niezależnie od zmian w rządzie amerykańscy dyplomaci wciąż naciskali na nałożenie restrykcji na duże kraje rozwijające się. Jednak przedstawiciele tych ostatnich kategorycznie odmawiali przyjęcia jakichkolwiek ograniczeń prawa swoich państw do wydzielania gazów cieplarnianych w przyszłości, zwracając uwagę, że kraje rozwinięte stały się takimi tylko dzięki traktowaniu atmosfery jako darmowego punktu zrzutu węgla.

Obie strony mają trochę racji: kraje rozwinięte takie jak USA wyemitowały najwięcej dwutlenku węgla w przeszłości, ale duże kraje rozwijające się takie jak Chiny mają wyemitować największą jego część w przyszłości [23] – a tylko te emisje możemy próbować ograniczyć traktatem. W rezultacie proces został sparaliżowany. Kolejne dni i noce rozmów nie przynosiły żadnych owoców. Wydawało się, że cały system klimatyczny ONZ, obowiązujący od wynegocjowania UNFCCC na Szczycie Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 roku, lada moment się rozpadnie. A gdyby do tego doszło, nikt nie miał planu B dla naszej planety.

Wielką zasługą prezydenta Obamy było uratowanie sytuacji. Gdy reporterzy kręcili się po kuluarach Bella Center w Kopenhadze, polując na plotki i przecieki, Obama osobiście negocjował z innymi światowymi przywódcami. W którymś momencie wpadł bez zapowiedzi na spotkanie między Chinami, Brazylią a Indiami [24]. Wspólnie udało im się wypracować porozumienie kopenhaskie – ugodę przyznającą znaczenie walki ze zmianami klimatycznymi i pozwalającą poszczególnym krajom na indywidualne wyznaczenie swoich zobowiązań w kwestii redukcji CO_2 w przyszłości [25]. Obchodziła ona zagadnienie wspólnych, chociaż zróżnicowanych zasad

odpowiedzialności, pozwalając sygnatariuszom na określenie swojego poziomu zaangażowania, a jednocześnie ustanawiała globalny system regularnie sprawdzający, czy trzymają się swoich zobowiązań.

Porozumienie nie zadowoliło w pełni nikogo – zwłaszcza najbardziej zagorzałych obrońców środowiska ani przedstawicieli wyspiarskich krajów, którym grozi pochłonięcie przez podnoszący się poziom morza – ale pozwoliło kontynuować grę. Ostatecznie Kopenhaga pomogła utorować drogę lepszemu rezultatowi, osiągniętemu sześć lat później na szczycie klimatycznym ONZ w Paryżu w 2015 roku, kiedy to wszystkie kraje emitujące duże ilości dwutlenku węgla – w tym Chiny, dziś wydzielające go więcej niż USA i Unia Europejska razem wzięte [26] – dobrowolnie zobowiązały się obciąć emisje oraz działać na rzecz powstrzymania wzrostu średnich temperatur na świecie poniżej poziomu półtora stopnia w porównaniu z epoką preindustrialną [27].

W 2015 roku byłem już redaktorem działu międzynarodowego „Time" w Nowym Jorku, nie pojechałem więc na szczyt paryski – szkoda, bo podobno jesienią stolica Francji jest urocza, a poza tym dla dziennikarza piszącego o klimacie odrobina dobrych wieści to rzadka przyjemność. Obama po szczycie w Paryżu na pewno tryskał optymizmem. „Wspólnie stworzyliśmy silne porozumienie, którego potrzebował świat – powiedział na konferencji w Białym Domu po powrocie z Francji. – Dojrzeliśmy do potrzeb chwili" [28].

Ale sądzę, że nawet dziś, wiele lat później, to mroczna, ponura, zimowa atmosfera Kopenhagi lepiej oddaje stan światowej walki ze zmianami klimatu. Ostatniej nocy w Danii, gdy Obama wsiadł do prezydenckiego samolotu i odleciał do kraju – żeby uprzedzić burzę śnieżną zbliżającą się do wschodniego wybrzeża [29], co było tylko jedną z wielu ironii szczytu poświęconego globalnemu ociepleniu, na którym nastrój był lodowaty –

delegaci na Konferencji Stron musieli jeszcze dogadać się w sprawie szczegółów porozumienia kopenhaskiego oraz przegłosować cały dokument, żebyśmy mogli wszyscy iść do domu. Mimo to rozmowy trwały jeszcze godzinami, do rana, w obecności przysypiających reporterów. Ostateczna ugoda nie dawała się wypracować, a cała procedura grzęzła w biurokratycznych regułach ONZ. Pamiętam jednego delegata – z Arabii Saudyjskiej – który wreszcie wybuchł: „To bez wątpienia najgorsze posiedzenie, na którym byłem w życiu, także pod względem prowadzenia obrad, tempa, w ogóle wszystkiego” [30].

A na tej konferencji niemal wszyscy zgadzali się, że zmiany klimatu dzieją się naprawdę i trzeba coś z nimi zrobić. Wielokrotnie powtarzano, że musimy działać teraz, nie możemy zwlekać, stawką jest nasza przyszłość. Ale wewnątrz Bella Center, w kuluarach władzy, tam, gdzie to się liczyło, nikt tak naprawdę nie chciał zrobić zbyt wiele, by spowolnić globalne ocieplenie – a na pewno nie, jeśli wiązałoby się z tym jakiekolwiek ryzyko polityczne albo gospodarcze, nie za cenę stanowiska albo nałożenia jakichkolwiek ograniczeń na obywateli. Zmiany klimatu były ważne, to prawda, ale nie aż *tak* ważne. Przynajmniej jeśli oceniać to na podstawie tego, co rzeczywiście robili politycy, biznesmeni, także zwykli ludzie – a nie ich deklaracji.

W Kopenhadze umarł pewien rodzaj marzenia o obronie środowiska: że wszyscy razem, za jednym pociągnięciem długopisu, przegłosujemy prawa eliminujące zagrożenie dla planety spowodowane globalnym ociepleniem. Przekonaliśmy się, że Ziemi nie da się ocalić na konferencji. Podobnie było z porozumieniem paryskim z 2015 roku, pozwalającym krajom na wybieranie własnych docelowych poziomów emisji, a w przeciwieństwie do protokołu z Kioto – niewiążącym. Jak bardzo niewiążącym – przekonaliśmy się mniej niż rok po jego podpisaniu, gdy prezydentem USA został Donald

Trump, który w globalne ocieplenie nie wierzy. 1 czerwca 2017 roku, zgodnie z obietnicą wyborczą, ogłosił, że zamierza wycofać Stany Zjednoczone z porozumienia paryskiego [31].

Ale jeszcze przed Trumpem wszystkie dobre intencje całego świata nie wystarczyłyby, żeby zapobiec niebezpiecznemu ociepleniu klimatu. Po podliczeniu zobowiązań podjętych w Paryżu przez poszczególne państwa – w tym Stany Zjednoczone – eksperci orzekli, że emisje gazów cieplarnianych w 2030 roku przekroczą poziom niezbędny do ograniczenia wzrostu temperatury do dwóch stopni o dwanaście–czternaście miliardów ton CO_2 [32]. Wzrost temperatury o dwa stopnie od dawna uważa się za czerwoną linię, za którą zmiany klimatu staną się niebezpieczne – nie jest to wartość precyzyjnie wyliczona, ale zdaniem naukowców wszystko powyżej tej wartości prawdopodobnie spowoduje ogromne szkody dla środowiska, w tym wzrost poziomu morza, które zatopi całe kraje wyspiarskie [33]. Prawdziwa różnica między tym, czego potrzebujemy, a tym, co naprawdę zrobimy, jest najpewniej jeszcze większa – w 2017 roku żaden duży uprzemysłowiony kraj nie osiągał celów, do których zobowiązywał się w Paryżu [34]. Po trzech latach bez większych zmian światowe emisje dwutlenku węgla wzrosły o 1,6 procent w 2017 roku i około 2,7 procent w 2018, osiągając najwyższy poziom w historii [35]. Czyste, odnawialne źródła energii takie jak energia słoneczna błyskawicznie zyskują na popularności, ale równie szybko rośnie zapotrzebowanie na prąd – a jego zdecydowaną większość nadal zaspokajają paliwa kopalne, zwłaszcza w krajach rozwijających się [36]. Zanieczyszczające surowce energetyczne takie jak węgiel i ropa wciąż odpowiadają za jakieś osiemdziesiąt procent światowego zużycia energii, czyli mniej więcej taki sam odsetek jak trzydzieści lat temu [37], zanim globalne ocieplenie przebiło się do świadomości opinii publicznej.

Szesnaście lat temu klimatolog Ken Caldeira wyliczył, że świat musi zwiększać produkcję czystej energii o tysiąc sto megawatów – mniej więcej tyle, ile wytwarza elektrownia atomowa – *każdego dnia* od 2000 do 2050 roku, jeśli mamy uniknąć niebezpiecznych zmian klimatu [38]. Caldeira przeanalizował nasze postępy w 2018 roku – okazało się, że jesteśmy do tyłu o osiemdziesiąt pięć procent.

W tym samym roku dziennikarz James Temple opublikował artykuł w „MIT Technology Review". Również chciał zobaczyć, jak radzimy sobie z wprowadzaniem zmian. Według jego wyliczeń przekształcenie energetyki w obecnym tempie zajmie nam nie trzydzieści lat, ale prawie cztery stulecia [39]. Autorzy raportu IPCC z 2018 roku stwierdzili, że jeśli chcemy mieć realną szansę na ograniczenie wzrostu temperatur do półtora stopnia Celsjusza, do połowy stulecia musimy zmniejszyć przyrost gazów cieplarnianych *do zera*, co oznacza, że mamy najwyżej czternaście lat produkcji dwutlenku węgla w obecnej ilości, nim powstrzymanie ocieplenia stanie się niemożliwe [40]. Minęło już ponad sto lat, odkąd szwedzki chemik Svante Arrhenius odkrył podstawowy mechanizm efektu cieplarnianego, a także niemal trzydzieści od Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro. A jednak nie dajemy rady walczyć z prądem emisji gazów cieplarnianych, który niesie nas wstecz. W obliczu tych faktów optymizm może oznaczać tylko niewiedzę.

Część problemu wynika z tego, że pomimo apokaliptycznej retoryki wciąż traktujemy zmiany klimatu nie jako egzystencjalne zagrożenie, którym mogą być, ale jako niewygodę, którą chcielibyśmy, by były. Dotyczy to nie tylko światowych przywódców, ale też wielu obrońców środowiska, aktywistów oraz naukowców podchodzących do tej kwestii z wielką pasją. Ted Nordhaus, dyrektor Breakthrough Institute, think tanku zajmującego się środowiskiem i polityką energetyczną, niekiedy przeciwstawiającego się głównemu nurtowi dyskusji na te tematy, zauważył różnicę między zapo-

wiedziami końca świata głoszonymi przez radykalnych aktywistów klimatycznych a ich stylem życia. O ile przestrzegają, że czeka nas całkiem realna apokalipsa, jeśli natychmiast nie przeprowadzimy głębokich zmian, o tyle wcale nie zachowują się, jakby prowadzili walkę na śmierć i życie. Na międzynarodowe konferencje klimatyczne, takie jak ta w Kopenhadze, latają samolotami, jedzą mięso (z organicznych hodowli), sprzeciwiają się energetyce jądrowej, właściwie nieemitującej gazów cieplarnianych, bo kłóci się z konwencjonalną opinią ich otoczenia. Nie tak zachowywałby się ktoś, kto wierzy, że leci do nas asteroida.

– Dużo się mówi, że zmiany klimatu to zagrożenie egzystencjalne – powiedział Nordhaus – ale gdy spojrzy się na to, jak rzeczywiście zachowują się ludzie, to wcale na to nie wygląda.

Może się wydawać, że to hipokryzja, ale tak naprawdę to po prostu przypomnienie, jak poważnym wyzwaniem są zmiany klimatu, jak głęboko zakorzenione w naszej codzienności są przyczyny globalnego ocieplenia. Łatwo zrzucać winę na polityków przeczących zmianom klimatu albo na koncerny naftowe – nie ma wątpliwości, że ich rola w powstrzymywaniu oczywistych rozwiązań jest olbrzymia i że uciekają się nawet do bezczelnych kłamstw. Ale prawdziwą winę ponosimy my i systemy, które zbudowaliśmy.

Kopenhaga nauczyła mnie jednego: ani jako kraje, ani jako jednostki nie dokonamy radykalnych zmian swojego stylu życia i zużycia energii, których potrzebujemy, by w pełni zlikwidować zagrożenie ze strony zmian klimatycznych, jeśli będziemy korzystać z istniejących dziś technologii. A zatem niemal z pewnością przetoczymy się przez kolejne czerwone linie wyznaczane przez klimatologów. Nie ograniczymy stężenia węgla w atmosferze do czterystu pięćdziesięciu cząstek na milion (ppm), w które mierzyli dyplomaci – bo przekroczyło już czterysta dziesięć ppm i rośnie z roku na

rok. Nie ograniczymy wzrostu temperatur do półtora stopnia wyznaczonego w porozumieniu paryskim, prawdopodobnie przekroczymy też limit dwóch stopni wyznaczony w UNFCCC. Bez rewolucji etycznej, politycznej albo technologicznej czekają nas wzrost poziomu morza, pożary lasów, katastrofalne burze, dziesiątki milionów przesiedleńców i kto wie, ile ofiar śmiertelnych. Nieważne, co mówimy, nieważne, czego się boimy, tak naprawdę nasza postawa wobec zmian klimatu sprowadza się do tego: mamy nadzieję, że nie będzie źle. Ale nadzieja nie jest rozwiązaniem – nie w sytuacji, gdy na szali może leżeć cały świat.

Nie możemy powiedzieć, że nas nie ostrzegano. Już w 1861 roku irlandzki fizyk John Tyndall ustalił, że gazy takie jak dwutlenek węgla mogą ogrzewać planetę. W latach pięćdziesiątych XX wieku naukowcy widzieli już wyraźny trend ogrzewania się atmosfery i zaczęli tworzyć prymitywne komputerowe modele klimatu. W 1965 roku grupa ekspertów znana dziś jako Rada Doradców Prezydenta do spraw Nauki i Technologii (President’s Council of Advisors on Science and Technology) donosiła prezydentowi Johnsonowi, że wzrost poziomu CO_2 w atmosferze, spowodowany spalaniem paliw kopalnych, niemal z pewnością wywoła poważne zmiany klimatu, „szkodliwe z punktu widzenia istot ludzkich”. W kolejnych dziesięcioleciach klimatologia rozwijała się dalej dzięki milionom godzin pracy i setkom milionów dolarów, ale podstawy istniały już wcześniej.

Podobnie zresztą jak polityczna odpowiedź na ten problem: nie robić zbyt wiele. Raport z 1965 roku nawet nie sugerował Johnsonowi celowego zmniejszania emisji gazów cieplarnianych. Jego doradcy proponowali zamiast tego rozpylić odbijające światło cząsteczki nad trzynastoma milionami kilometrów kwadratowych powierzchni oceanu, by powstrzymać jeden procent promieni słonecznych przed dotarciem do Ziemi. Nic z tego

nie wynikło, ale był to bardzo wczesny przykład geoinżynierii – próby umyślnej zmiany klimatu Ziemi za pomocą środków technicznych (wrócimy do tej myśli później). Koncepcja taka świetnie wpisywała się w szczytowy okres epoki atomowej, kiedy naukowcy nie bali się grzebać w mechanice planety. W 1971 roku Związek Radziecki próbował nawet zbudować olbrzymi kanał, który przekształciłby dorzecze Wołgi, za pomocą trzech podziemnych eksplozji nuklearnych. Nie udało się to, chociaż miało niespodziewany skutek uboczny w postaci przekonania Stanów Zjednoczonych do uruchomienia własnego programu badania zmian klimatu.

Od samego początku wszystkie mechanizmy, dzięki którym globalne ocieplenie działa jako proces fizyczny, czyniły je politycznie łatwymi do zignorowania. Według badania przeprowadzonego w 2009 roku przez naukowców z Uniwersytetu Concordii w Montrealu, jedna tona CO_2 wywoła przeciętnie wzrost temperatury o 0,0000000000015 stopnia Celsjusza [41]. Są też inne gazy cieplarniane, takie jak metan, oraz tysiące innych czynników wpływających na klimat – na przykład para wodna, krążenie ciepła w oceanie, El Niño. Podstawy antropogenicznych zmian klimatu są jednak proste. A to problem – bo dwutlenek węgla jest we współczesnym świecie wszechobecny.

Wydzielamy go z każdym oddechem, a także gdy wypalamy roślinność pod pola, miasta albo cokolwiek innego, na co potrzebne nam miejsce. Paliwa kopalne, napędzające współczesny świat od początku epoki przemysłowej, składają się głównie z węgla. W przeciwieństwie zaś do innych potencjalnych zanieczyszczeń – na przykład promieniowania pozostałego po wybuchu bomby atomowej – źródła gazów cieplarnianych są wszędzie i odpowiadają za nie wszyscy. Doradcy naukowi Johnsona nawet nie sugerowali mu w 1965 roku zmniejszenia emisji produktów spalania kopalin, bo w tamtym czasie zmniejszenie podaży paliw kopalnych byłoby jak zmniej-

szenie podaży powietrza. Dokonaliśmy wielkich postępów – odnawialne źródła energii odpowiadają za niemal połowę przyrostu produkcji prądu w 2017 roku, a odsetek ten będzie tylko wzrastał wraz z rozwojem technologii i spadkiem cen [42] – ale o wiele za wolno.

Być może najlepszym sposobem na zrozumienie wyjątkowości wyzwania, jakim są zmiany klimatu, jest porównanie z innym problemem ekologicznym, który niegdyś zagrażał światu, a dziś jest prawie zapomniany – dziurą ozonową. W latach trzydziestych zaczęto produkować środki chemiczne zwane freonami jako czynniki chłodnicze. Szybko trafiły do klimatyzacji, chłodziarek i aerozoli – po części dlatego, że w przeciwieństwie do wcześniej stosowanych substancji chłodzących nie były toksyczne dla człowieka. Jednak na początku lat siedemdziesiątych naukowcy odkryli, że gdy freony docierają do stratosfery, wywołują reakcję chemiczną osłabiającą powłokę ozonową Ziemi. Jej brak pozwala większym ilościom szkodliwego promieniowania ultrafioletowego na dotarcie do powierzchni planety. Promieniowanie to – przed którym chronimy się, smarując skórę kremem do opalania – może uszkadzać DNA, zwiększa ryzyko zachorowania na raka skóry, jest groźne dla roślin i zwierząt. Bez warstwy ozonowej nie mogłoby istnieć życie, jakie znamy.

Problem był poważny, wręcz egzystencjalny, jak uświadomił to sobie fizyk Frank Sherwood Rowland z Uniwersytetu Kalifornijskiego podczas pracy nad freonami na początku lat siedemdziesiątych. Któregoś razu, gdy jego żona zapytała, jak idą badania, odparł: „Praca idzie świetnie. Ale może wskazywać na koniec świata”.

To, że do tego nie doszło, to po części zasługa jego trudu, a także wysiłków Paula Crutzena i Maria Moliny, którzy w 1995 roku podzielili się z nim Nagrodą Nobla w dziedzinie chemii za badania dowodzące związku między freonami a ubytkami w ozonosferze. Ale sama nauka nie wystar-

czyła. W latach osiemdziesiątych rządy różnych państw świata zaczęły zakazywać stosowania freonów, zwłaszcza po odkryciu w 1985 roku szokującej dziury ozonowej nad Antarktydą. W 1987 roku społeczność międzynarodowa przyjęła już protokół montrealski – traktat zobowiązujący sygnatariuszy do rezygnacji ze stosowania substancji szkodzących ozonosferze, w tym freonów [43].

Protokół montrealski był pierwszym traktatem ratyfikowanym przez wszystkie kraje świata. Były sekretarz generalny ONZ Kofi Annan nazwał go „najbardziej skuteczną ugodą międzynarodową w historii". Dzięki protokołowi udało się zatrzymać słabnięcie warstwy ozonowej. Do 2050 roku powinna się ona niemal całkiem zregenerować, co zapobiegnie ponad 1,6 miliona śmierci na raka skóry w samych tylko Stanach Zjednoczonych.

Traktat podpisany w Montrealu stanowił wzór idealnej reakcji na antropogeniczne zagrożenia egzystencjalne: zaakceptował wnioski naukowców, zarysował rozwiązania techniczne i polityczne, a potem wprowadził je w życie. I to szybko – między badaniami Rowlanda, Crutzena i Moliny nad wpływem freonów na powłokę ozonową a przyjęciem protokołu montrealskiego minęło tylko kilkanaście lat.

W Kopenhadze obrońcy środowiska chcieli zrobić to samo – ale się nie udało. Dziś tylko najwięksi optymiści mają jeszcze nadzieję, że kiedykolwiek przyjmiemy wiążący globalny traktat ograniczający emisje CO_2 równie skutecznie, jak protokół montrealski w przypadku freonów. Podstawowym powodem takiego stanu rzeczy nie są polityczne niepowodzenia ani publiczna apatia, tylko natura zmian klimatu jako tak zwanego *superwicked problem* – problemu bez oczywistego rozwiązania ani nawet bez kategorii pozwalających ocenić, czy proponowane rozwiązania są lepsze, czy gorsze, mimo że działamy pod presją czasu.

Freony stosowano głównie w substancjach chłodzących i aerozolach, czyli w bardzo małym wycinku gospodarki [44], a paliwa kopalne są wszędzie. Skutki osłabienia warstwy ozonowej były widoczne od razu i niezaprzeczalne – zwłaszcza gdy nad biegunem południowym otworzyła się olbrzymia dziura – natomiast konsekwencje zmian klimatu są odsunięte w czasie, nieprzejrzyste, łatwo je przeoczyć wśród „normalnie" występujących ekstremalnych zjawisk pogodowych. Wiele firm produkujących freony pracowało nad zamiennikami dla nich całe lata przed przyjęciem protokołu montrealskiego [45] – dzięki czemu Stany Zjednoczone musiały wydać tylko dwadzieścia jeden miliardów dolarów na wprowadzenie w życie jego postanowień [46] – nie ma natomiast prostego, taniego zamiennika ropy, węgla i gazu ziemnego.

Przywódcy polityczni w 1987 roku nie byli mądrzejsi od tych z 2009 roku – USA negocjowały protokół montrealski za prezydentury Reagana, którego nikt nie nazwałby obrońcą środowiska. Firmy zarabiające miliardy na produkcji freonów wcale nie dbały o naszą planetę bardziej niż koncerny naftowe i węglowe – ich główny producent koncern DuPont przez lata zwalczał badania dowodzące ich związku z dziurą ozonową. Zrezygnować z freonów było po prostu znacznie łatwiej niż z paliw kopalnych. I to się prędko nie zmieni.

Być może nigdy nie słyszeliście o Vaclavie Smilu, emerytowanym profesorze Uniwersytetu Manitoby, ale sam Bill Gates uważa go za jednego z najinteligentniejszych ludzi na świecie. Założyciel Microsoftu napisał kiedyś: „Czekam na nowe książki Smila tak, jak niektórzy czekają na nowe *Gwiezdne wojny*" [47]. Smil jest autorem dziesiątek pozycji, najbardziej jednak zasłynął pracami na temat energetyki, zwłaszcza społecznego i technologicznego przejścia od jednego źródła energii do innego. Na tym właśnie

polega walka z globalnym ociepleniem – na przyspieszaniu odejścia od produkujących duże ilości dwutlenku węgla paliw kopalnych do źródeł energii, które nie mają podobnego problemu, takich jak energia słoneczna.

Wielu obrońców środowiska uważa, że jedynym, co powstrzymuje nas przed tą transformacją, jest brak woli politycznej. W 2008 roku były wiceprezydent Al Gore zaproponował, żeby Stany Zjednoczone stworzyły zeroemisyjny system energetyczny w ciągu dziesięciu lat. W ostatnich latach postępowi politycy, tacy jak demokratka Alexandria Ocasio-Cortez, zaproponowali Zielony Nowy Ład – zespół reform odwołujących się w nazwie do prosocjalnych przemian wprowadzonych w latach trzydziestych przez prezydenta Roosevelta. Jedną z nich miałoby być przejście USA w stu procentach na odnawialne źródła energii do 2035 roku [48]. „Jest to cel osiągalny, transformacyjny, stać nas na to – mówił Gore w 2008 roku. – Idzie o przyszłość ludzkiej cywilizacji".

Smil zgodziłby się z tym drugim zdaniem, ale nie z pierwszym. Przyczyna jest bardzo prosta – gęstość energii. W paliwach kopalnych jest ona bardzo wysoka, w odnawialnych źródłach energii – z reguły nie.

Od czasu gdy ludzie wiedli jeszcze życie łowców-zbieraczy, wielokrotnie zmienialiśmy jedno źródło energii na inne. W każdym wypadku przechodziliśmy na surowiec o większej gęstości energii, czyli pozwalający osiągnąć więcej mocy z jednostki paliwa. Siłę ludzkich mięśni zastąpiliśmy pracą udomowionych zwierząt, palenie drewnem – paleniem węglem, rafinowanie ropy – dzieleniem atomu – za każdym razem uzyskiwaliśmy większą skuteczność za tę samą „cenę". Transformacje energetyczne trwają bardzo długo, o wiele dłużej niż mogliby się Państwo spodziewać – trzeba było niemal całego XIX wieku, żeby starożytne biopaliwa, takie jak drewno, ustąpiły w roli głównego źródła energii kopalinom, czyli na przykład węglowi [49]. Wynika to przede wszystkim z faktu, że jeśli jakieś źródło ener-

gii zdobędzie dominującą pozycję, to powstaje cała infrastruktura, której zadaniem jest je wytwarzać i obsługiwać. Rozmontowanie jej i zastąpienie czymś nowym wymaga czasu – nawet jeśli to „nowe” jest lepsze.

Najprawdopodobniej zatem trochę będziemy musieli poczekać na pełne przejście na odnawialne źródła energii. Energetyka wiatrowa i słoneczna stała się wymierną częścią światowego miksu energetycznego dopiero w latach osiemdziesiątych [50]. Nawet dziś, po latach błyskawicznego rozwoju, OZE inne niż hydroenergetyka odpowiadają za mniej niż cztery procent światowego zużycia energii [51]. Raport Międzynarodowej Agencji Energetycznej z 2018 roku podaje, że tempo rozwoju energetyki odnawialnej – wypierającej po drodze kopaliny takie jak węgiel – nie jest w żadnym wypadku wystarczająco duże, by zapobiec niebezpiecznemu albo nawet katastrofalnemu ociepleniu klimatu [52]. Zgadza się to z przewidywaniami Smila.

A przejście na odnawialne źródła energii musi pokonać przeszkodę nieznaną wcześniejszym transformacjom. Zamiast przechodzić na surowiec o większej gęstości niż obecne, rewolucja odnawialna każe nam iść w przeciwnym kierunku. Produkcja energii z wiatru, promieni słonecznych i biopaliw wymaga więcej terenu i wytwarza mniej energii na jednostkę paliwa niż w przypadku ropy albo węgla, co stanowi duży problem, bo grunt jest jednym z nielicznych naprawdę ograniczonych zasobów naszej planety. OZE nie funkcjonują też bez przerwy – turbiny wiatrowe produkują prąd tylko wtedy, gdy wieje wiatr, a panele słoneczne, kiedy świeci słońce. Kopaliny można przechowywać albo spalać zawsze i wszędzie. Naukowcy ciężko pracują nad technologiami zdolnymi magazynować energię produkowaną przez OZE, by można było z niej korzystać całą dobę, ale baryłka ropy sama w sobie jest już stabilną, przenośną, ciekłą baterią, co czyni ją szczególnie użyteczną przy zasilaniu transportu, odpowiedzialnego za

czternaście procent emisji gazów cieplarnianych [53]. „Dajcie mi sposób na magazynowanie energii na dużą skalę, niczego więcej nie potrzebuję. Dzięki wiatrowi i fotowoltaice mogę się zająć wszystkim” – powiedział Smil miesięcznikowi „Science” w 2018 roku. Ale dodał też, że „wciąż nam do tego daleko” [54].

Smil uważa, że odejście od paliw kopalnych jest nieuniknione. Sądzi tak zarówno dlatego, że martwi się zmianami klimatu, jak i dlatego, że choć coraz lepiej radzimy sobie z wykopywaniem ich spod ziemi, kopaliny prędzej czy później się skończą, w przeciwieństwie do wiatru lub energii słonecznej. Mają też inne ponure skutki uboczne, takie jak zanieczyszczenie powietrza co roku przyspieszające śmierć milionów ludzi [55] (zasnute smogiem niebo nad New Delhi albo Pekinem – albo Los Angeles, jeśli dzień jest wystarczająco kiepski – to w dużej mierze konsekwencja spalania ropy i węgla). Przejście na OZE przyniosłoby również korzyści z punktu widzenia bezpieczeństwa i wydajności, zwłaszcza w przypadku energii słonecznej, która nie potrzebuje do działania rozległej oraz narażonej na uszkodzenia sieci przesyłowej.

Wszystkie te czynniki – nie wspominając już o ruchu na rzecz ograniczenia emisji dwutlenku węgla – wyjaśniają, dlaczego w 2017 roku moc elektrowni słonecznych wzrosła na świecie bardziej niż produkujących prąd z paliw kopalnych i reakcji atomowych razem wziętych [56]. Cena energii słonecznej spadła w ciągu ostatnich czterdziestu lat o zdumiewające dziewięćdziesiąt dziewięć procent dzięki wpływowi polityki państwowej, usprawnieniom technologicznym i zwykłemu nabywaniu doświadczeń [57]. Ale podstawowe bariery, które wskazał Smil, wciąż nie zostały pokonane. „Nasza cywilizacja w ogromnej większości jest napędzana paliwami kopalnymi – pisze uczony. – Biorąc pod uwagę powolne tempo zastępowania

najważniejszych surowców, nie ma praktycznego sposobu na zmianę tej rzeczywistości w nadchodzących dziesięcioleciach” [58].

Nie jest tak dlatego, że nie próbujemy – przynajmniej trochę. Według raportu sporządzonego na Uniwersytecie Stanforda w 2017 roku na świecie wydaje się dziś siedemset czterdzieści sześć miliardów dolarów rocznie na energię odnawialną, zwiększenie wydajności energetycznej i inne technologie ograniczające emisję dwutlenku węgla [59]. Na walkę ze zmianami klimatu przeznacza się prawdopodobnie więcej pieniędzy niż na przeciwdziałanie wszystkim innym zagrożeniom egzystencjalnym opisanym w niniejszej książce razem wziętym. To po prostu *za mało*, jeśli za cel przyjmiemy transformację energetyczną w tempie zdolnym wyeliminować ryzyko niebezpiecznych przemian klimatycznych. W raporcie Stanforda obliczono, że jeśli chcemy utrzymać stężenie węgla w atmosferze poniżej czterystu pięćdziesięciu ppm, sektor prywatny musi zacząć przeznaczać na ten cel 2,3 *biliona* dolarów rocznie, czyli mniej więcej trzy razy tyle co dziś i więcej niż wynoszą światowe wydatki na obronność [60]. Wielu naukowców i obrońców środowiska uważa ponadto, że tak naprawdę powinniśmy dążyć do stężenia trzystu pięćdziesięciu ppm, jeśli mamy zagwarantować sobie bezpieczeństwo. To poziom bliższy temu, który panował na Ziemi w epoce preindustrialnej. Z pewnością kosztowałoby to kolejne biliony dolarów.

Czy bylibyśmy w stanie to zrobić? Pewnie – gdybyśmy skoncentrowali całą gospodarkę i ludność świata wokół jednego celu, jakim byłoby ograniczenie emisji dwutlenku węgla tak szybko jak to możliwe. To właśnie zrobiły Stany Zjednoczone podczas II wojny światowej, ale po to, by pokonać Japonię i Niemcy. Waszyngton znacjonalizował dużą część branży metalurgicznej, wydobywczej i transportowej. Kazał na przykład koncernom samochodowym przestać produkować samochody na użytek krajowy, a zamiast tego uruchomić linie montażowe samolotów i czołgów. Udało się to, bo

władze przymusiły przemysł, by wykonywał ich polecenia, a ruch ten poparło w zasadzie całe społeczeństwo USA. Taki poziom jedności jest dziś nie do pomyślenia. Wprowadzono ścisłe racjonowanie mięsa, cukru, benzyny i innych towarów. Stany Zjednoczone stały się arsenałem demokracji i wygrały wojnę głównie dlatego, że potrafiły wyprodukować więcej uzbrojenia niż ich wrogowie – chociaż pomogła też praca paru fizyków w Los Alamos.

Bill McKibben, pisarz i obrońca środowiska, jeden z liderów ruchu aktywistów klimatycznych 350.org, powołał się na przykład II wojny światowej w artykule opublikowanym w 2016 roku w magazynie „The New Republic” [61]. Pisał: „Gdyby za zniszczeniami [wywoływanymi przez zmiany klimatu] na tak ogólnoświatową skalę stali naziści, Ameryka i jej sojusznicy już mobilizowaliby się do wojny totalnej”. Ale II wojna światowa trwała zaledwie parę lat, a potem rząd poluzował uzdę i sektor prywatny wrócił do robienia interesów. Wojna ze zmianami klimatu nie miałaby wyraźnego końca, nazistowskie Niemcy stanowiły zaś wyraźne egzystencjalne zagrożenie dla świata – przynajmniej takiego, jaki nauczyliśmy się cenić. Czy globalne ocieplenie możemy traktować tak samo?

Nie da się podważyć tezy, że świat naturalny jest obecnie w znacznie gorszym stanie niż dawniej. Gdyby Krzysztof Kolumb przypłynął do Ameryki na pokładzie Niñii, Pinty i Santa Marii dzisiaj, zastałby bioróżnorodność mniejszą o trzydzieści procent w porównaniu z 1492 rokiem [62]. Według szacunków w latach 1970–2010 światowa populacja kręgowców zmniejszyła się o pięćdziesiąt dwa procent [63]. Obecne tempo wymierania jest sto do tysiąca razy większe niż w normalnych okresach historii biologicznej (to znaczy poza okresami masowego wymierania) [64]; w szczególności płazy wymierają *czterdzieści pięć tysięcy* razy szybciej niż normalnie [65]. 1,8 biliona plastikowych śmieci o łącznej masie siedemdziesięciu dziewię-

ciu tysięcy ton unosi się dziś na trzykrotnie większym od Francji wycinku Pacyfiku [66] – spodziewamy się, że ta Wielka Pacyficzna Plama Śmieci wzrośnie do 2025 roku o dwadzieścia dwa procent [67]. Oczywiście są też zmiany klimatu, do których już doszło, i te, do których dopiero ma dojść.

A jednak pomimo tych przyrodniczych strat ludzkość radzi sobie w większości przypadków świetnie. To z pewnością prawda w porównaniu z epoką Kolumba – ekonomista Angus Maddison oszacował, że w latach 1500–2008 średni produkt krajowy brutto (PKB) *per capita* wzrósł ponad trzynastokrotnie [68]. Do sporej części tego wzrostu doszło w ostatnich latach; tylko od 1990 roku globalizacja pomogła wynieść ze skrajnej nędzy ponad miliard mieszkańców krajów rozwijających się [69] – w tym samym czasie zaczęło przybywać pierwszych oznak zmian klimatu. PKB nie jest pod tym względem odosobnione. Indeks rozwoju społecznego (HDI) to statystyka opracowana przez pakistańskiego ekonomistę Mahbuba ul Haqa, badająca przewidywaną długość życia oraz wykształcenie i dochód na mieszkańca. Wykres HDI dla każdego kraju świata od 1990 roku wykazuje – pomimo wzlotów i upadków, które czasem spotykają poszczególne państwa – tendencję zdecydowanie wzrostową, i wszystko wskazuje na to, że będzie ona trwać [70].

Być może najlepszym sposobem, żeby zrozumieć ten kontekst, jest przyjrzenie się okresowi, kiedy wzrost gospodarczy chwilowo się zatrzymał, a potem zaczął cofać – pokłosiu światowego kryzysu finansowego z 2008 roku. Recesja doprowadziła do utraty prawie dwóch bilionów dolarów wzrostu gospodarczego, czyli niemal czterech procent [71]. Jeden z szacunków podaje, że kryzys kosztował przeciętnego Amerykanina prawie siedemdziesiąt tysięcy dolarów w ciągu życia [72]. Ale to tylko pieniądze. Prawdziwe ludzkie koszty kryzysu to rozbite rodziny, choroby, śmierć. Jedno z badań przypisało kryzysowi przynajmniej dwieście sześćdziesiąt tysięcy

przypadków śmierci w wyniku raka i jego powikłań, do których w przeciwnym razie by nie doszło; w wielu przypadkach choroba była uleczalna [73]. W miarę jak wzrastała stopa bezrobocia, przybywało też samobójstw – podobną korelację dało się zaobserwować w przypadku kryzysów finansowych w przeszłości [74]. Nie doświadczyliśmy – jeszcze – żadnego zjawiska wynikającego ze zmian klimatu ani innych zagrożeń ekologicznych, które dałoby się porównać do ogromu cierpienia, jakie spowodowało tymczasowe wstrzymanie mechanizmów wzrostu gospodarczego.

– Wciąż zmagamy się z politycznymi i gospodarczymi konsekwencjami kryzysu finansowego z 2008 roku. Zmiany klimatu wyglądają przy nim jak spacerek po parku – mówi Ted Nordhaus.

Obraz ten – kontrast między słabnięciem świata naturalnego a ogólną poprawą ludzkiego bytu – ma swoją nazwę: *environmentalist's paradox*, paradoks obrońcy środowiska. W 2010 roku grupa badaczy pod kierunkiem Ciary Raudsepp-Hearne z Uniwersytetu McGilla próbowała go wyjaśnić. Przedstawiła cztery hipotezy. Pierwszą: poprawa sytuacji ludzkości jest pozorna; ale temu przeczą statystyki, w tym te, które – jak HDI – mierzą coś więcej niż tylko wzrost gospodarczy. Drugą: przełomowe osiągnięcia w produkcji żywności w ciągu ostatniego stulecia mają tak wielkie znaczenie, że przeważają nad najpoważniejszymi nawet problemami środowiska naturalnego. Przez większość dziejów ludzkości wystarczyła jedna klęska nieurodzaju, by wywołać śmiertelny głód. Dziś jednak mało gdzie jest to realne ryzyko.

Być może rozwój technologii i majętności uniezależniły nas od zdrowia ekosystemu. Ta trzecia hipoteza – swego rodzaju technooptymizm – jest wszechobecna w ekonomii klimatycznej. Raport Sterna – przygotowany przez brytyjskiego ekonomistę lorda Nicholasa Sterna w 2006 roku – to jedna z najbardziej wyczerpujących analiz szkodliwego wpływu zmian kli-

matu na gospodarkę świata w dziejach, a także jedna z najbardziej pesymistycznych. Jednak nawet najbardziej skrajny scenariusz prognozowany przez Sterna przewiduje, że do 2200 roku produkcja gospodarcza byłaby o trzydzieści dwa procent niższa w porównaniu z wartościami wprost ekstrapolowanymi z obecnych statystyk. Wydaje się, że to dużo, bo to dużo, ale ponieważ Stern zakłada też, że wzrost gospodarczy *per capita* będzie w tych latach trwał, u progu XXIII wieku ludzie dalej byliby dziewięć razy bogatsi niż w dniu publikacji raportu [75]. Innymi słowy, zmiany klimatu uczynią nas uboższymi, niż bylibyśmy bez nich, ale i tak będziemy znacznie bardziej majętni niż dziś.

Jeśli globalne ocieplenie przebiegnie w ten sposób, to nie będzie zagrożeniem egzystencjalnym. Środowisko naturalne będzie w coraz gorszym stanie, na czym ucierpimy także my – niektórzy bardziej od pozostałych, szczególnie ci, którzy najmniej przyczynili się do powstania problemu. Ale ludzkość jako taka będzie mieć się dobrze, a nawet więcej niż dobrze, jeśli porównywać z dość ponurym dziejowym standardem.

Jest i czwarta możliwa odpowiedź na paradoks obrońcy środowiska – najgorsze jeszcze przed nami. Według tej hipotezy korzyści materialne, które uzyskała ludzkość w ostatnich dziesięcioleciach, zostały kupione na węglowy kredyt. Wszystkie bańki inwestycyjne w dziejach prowadziły do bolesnych krachów i podobnie stanie się z naszymi śmieciowymi pożyczkami środowiskowymi. W tym scenariuszu marzenie siedmiu miliardów ludzi o życiu w stylu amerykańskiej klasy średniej – energochłonnym, mięsożernym i produkującym zanieczyszczenia – nie jest możliwe do spełnienia na dłuższą metę, czy to środowiskowo, czy gospodarczo. Prędzej czy później przyjdzie rachunek, a wtedy żadna ilość innowacji nie uratuje nas przed katastrofą. Według tego wariantu zmiany klimatu to zagrożenie w stu procentach egzystencjalne. Istnieją nie tylko granice środowiskowe, których

nie obejdziemy przez wynalazczość, ale też punkty, za którymi nie będzie się dało odwrócić klimatycznych przemian – przekraczamy je na własną zgubę.

Niepewność leżąca w sercu paradoksu obrońcy środowiska jest charakterystyczna dla badań globalnego ocieplenia w ogóle. Po co przedstawiać jedną odpowiedź, jeśli można cztery albo i więcej? Klimatolodzy próbują przewidzieć przyszłość, budując modele prognozujące, jak dokładnie ludzie zareagują na ocieplanie klimatu – przez zmniejszanie emisji gazów cieplarnianych albo zmianę źródeł energii – i jak klimat zareaguje na te wysiłki. W ten sposób uzyskują różne scenariusze przyszłości – w ostatnim raporcie IPCC było ich ponad tysiąc [76] – które następnie zostają sprowadzone do zakresów prognozujących różne możliwe klimaty.

Sceptycy często chwytają się tej niepewności jako dowodu, że zmiany klimatu nie dzieją się naprawdę albo że nie musimy się nimi martwić. Kompletnie się mylą – fizyczne podstawy teorii antropogenicznego globalnego ocieplenia są powszechnie akceptowane, a istniejące modele klimatyczne zostały potwierdzone przez rzeczywisty wzrost temperatur w ciągu ostatnich dziesięcioleci. Aby jednak nie podsuwać sceptykom amunicji, naukowcy na ogół stawiają na pierwszym miejscu najbardziej prawdopodobne, kompromisowe prognozy, a nie scenariusze ekstremalne.

W raporcie o stanie klimatologii wydanym w 2014 roku IPCC donosił, że bez znacznego zmniejszenia emisji światowe temperatury najprawdopodobniej wzrosną przed końcem stulecia o 3,7 stopnia Celsjusza w porównaniu z epoką preindustrialną [77]. To prawie dwa razy więcej niż wytyczony cel ustalony przez system klimatyczny ONZ w 1992 roku. *Homo sapiens* nigdy nie doświadczył tak gorącego klimatu. Temperatury nie sięgały podobnego poziomu nawet trzy miliony lat temu, w epoce pliocenu, gdy poziom mórz był do dwudziestu pięciu metrów wyższy [78]. Czy to byłoby

zagrożenie egzystencjalne? Niewykluczone – ale część najgorszych konsekwencji, na przykład zmieniający linie brzegowe wzrost poziomu morza, wciąż potrzebowałaby stuleci, żeby rozegrać się do końca, a więc moglibyśmy się przystosować, być może w sposób dziś niemożliwy nawet do przewidzenia.

– Czy planeta też będzie dalej wtedy istnieć? – zastanawiał się na głos Gernot Wagner, gdy odwiedziłem go w jego biurze w Cambridge w stanie Massachusetts. – Tak. A społeczeństwo, jakie znamy? Nie. Bogatym nic się nie stanie. Kupią drugi klimatyzator i polecą prywatnym odrzutowcem do Aspen. Biedni, jak zwykle, ucierpią o wiele bardziej. Ale czy jest to dla nich zagrożenie egzystencjalne? Nie.

Niepewność w klimatologii to miecz obosieczny. Najbardziej prawdopodobny scenariusz to około trzech stopni ocieplenia – może mniej, jeśli zaczniemy znacznie lepiej sobie radzić z ograniczaniem emisji gazów cieplarnianych albo klimat okaże się mniej wrażliwy, niż się spodziewamy [79]. Jak jednak piszą Gernot Wagner i Martin Weitzman w książce *Climate Shock*, istnieje około dziesięciu procent ryzyka, że przesuniemy się w granicach niepewności w przeciwnym kierunku, a ocieplenie będzie o wiele gorsze – nawet do sześciu stopni do 2100 roku. Istnieje nawet trzyprocentowe prawdopodobieństwo wzrostu temperatur o dziesięć stopni [80]. To właśnie szok, o którym mowa w tytule książki – szok bardzo nieprzyjemnej niespodzianki, być może wystarczającej, by zniszczyć ludzkość, jaką znamy.

Zjawisko opisywane przez Wagnera i Weitzmana to „ryzyko grubego ogona”. Łatwo je zrozumieć. Jeśli rozrysujemy prawdopodobieństwo jakiegoś wydarzenia jako wykres liniowy, na ogół uzyskamy krzywą dzwonową – bardzo małe prawdopodobieństwo na końcach, bardzo duże na środku nadaje wykresowi kształt dzwonu. Niech sobie Państwo wyobrażą swój przeciętny dzień. Normalne wydarzenia takie jak śniadanie są bardzo praw-

dopodobne, ale te skrajnie dobre lub skrajnie złe – wygrana na loterii, potrącenie przez autobus – niezbyt.

Ale wykres prawdopodobnych scenariuszy globalnego ocieplenia daje nam krzywą o grubym ogonie z prawej strony, co znaczy, że ryzyko ekstremalnego ogrzania się klimatu – czyli scenariusza wyjątkowo złego – wynosi około dziesięciu procent. Jak bardzo powinniśmy się przejmować dziesięcioprocentowym prawdopodobieństwem, że coś się stanie? Zależy to od kontekstu. Gdyby zawodowy bejsbolista trafiał w piłkę raz na dziesięć prób, to lepiej dla niego, żeby był fenomenalnym miotaczem. Ale jeżeli mieliby Państwo przejść przez most, który na dziesięć procent się zawali – nie zdobyliby się Państwo na to nigdy w życiu. Gdyby spodziewali się Państwo dziesięcioprocentowego ryzyka, że w danym roku spłonie Państwa dom, to szybko by go Państwo ubezpieczyli albo przenieśli się gdzie indziej.

Dziesięcioprocentowe prawdopodobieństwo też jest szacunkowe. W miarę jak dowiadujemy się więcej o klimacie, ogon może się stawać grubszy lub chudszy. Ken Caldeira i jego kolega Patrick Brown z Instytutu Naukowego Carnegie’ego zgromadzili najpopularniejsze modele klimatyczne, a potem sprawdzili, jak dobrze radziły sobie z przewidywaniem dotychczasowego wzrostu temperatur. Ich badania sugerują, że najprawdopodobniejsze jest ocieplenie o pół stopnia wyższe od sugerowanego przez modele – co zwiększa ryzyko, że czeka nas szok klimatyczny.

Jak byśmy go odczuli? W sierpniu 2018 roku ekipa naukowców pod przewodnictwem Willa Steffena z Australijskiego Uniwersytetu Narodowego oraz Johana Rockstroma ze Sztokholmskiego Centrum Odporności opublikowała bardzo ponurą wróżbę dla planety. Nawet jeśli światu uda się osiągnąć poziom emisji dwutlenku węgla zaplanowany w porozumieniu paryskim – a jak na razie zdecydowanie się na to nie zanosi – według ich

wyliczeń istnieje ryzyko, że zmiany klimatu mogą nawet nie zwolnić. Zamiast wzrostu temperatur o mniej więcej dwa stopnie – strasznego, ale raczej do przeżycia – doświadczylibyśmy dalszego ogrzewania się planety, może nawet do sześciu stopni, przed którymi przestrzegają Wagner i Weitzman. Te części świata, w których dziś panuje gorący klimat, stałyby się niemożliwe do zamieszkania. Poziom morza wzrósłby o dziewięć do sześćdziesięciu metrów w porównaniu ze stanem dzisiejszym.

– Zniknie większość megamiast na wybrzeżach mórz całego świata – mówi mi Steffen, gdy rozmawia ze mną przez Skype'a ze swojego domu w Australii, gdzie w ostatnich latach letnie temperatury wystarczyły, by ugotować owoce na drzewach [81]. – Stracilibyśmy większość naziemnych biomów, lasy deszczowe, lód.

Musielibyśmy żyć na „Ziemi cieplarni", jak określają to Steffen i jego koledzy – jeśli w ogóle bylibyśmy do tego zdolni [82].

Główny nurt klimatologii na ogół pojmuje środowisko naturalne jako system liniowy – tyle węgla dodanego do atmosfery równa się tyle ocieplenia równa się tyle strat gospodarczych. Wielu naukowców sądzi jednak, że schemat ten może upaść, jeśli przekroczymy pewne punkty krytyczne, po których proces zacznie się sam napędzać i „Ziemia cieplarnia" stanie się nieunikniona. Steffen zwraca uwagę na pokrywę lodową Oceanu Arktycznego. Dopóki ona istnieje, biały lód odbija światło słoneczne i schładza planetę – tak jak noszenie białego podkoszulka pomaga się ochłodzić latem. Jeśli jednak ta pokrywa stopnieje, zastąpi ją ciemna woda oceanu, która światło pochłania, a tym samym przyspiesza ocieplanie się Ziemi. Im goręt-szy robi się klimat, tym szybciej topi się lód, co zwiększa ilość ciemnej wody i napędza zmiany klimatu. A to tylko jeden punkt krytyczny. Artykuł o Ziemi cieplarni wskazuje ich kilkanaście, przy czym niektóre są ze sobą połączone, więc mogą zacząć padać jak kostki domina.

– Panujący paradygmat podaje, że zakres zmian klimatu zależy w całości od poziomu wytwarzania dwutlenku węgla przez człowieka – mówi Steffen. – Na niższych poziomach emisji jest to prawda. Ale chcemy powiedzieć, że wzrost temperatur nawet o dwa stopnie Celsjusza może spowodować zmianę trajektorii ocieplania przez te naturalne zależności.

Czy system klimatyczny jest najeżony takimi punktami krytycznymi jak pole minowe? Nie wiemy na pewno – i to właśnie największa klimatyczna zagadka ze wszystkich.

To, co sprawdza się w przypadku zmian klimatu, jest prawdą, także jeśli chodzi o inne zagrożenia egzystencjalne opisane w niniejszej książce, tylko bardziej. Musimy się zmagać z niepewnością, a jeśli się pomylimy i nie zrobimy dość, by powstrzymać katastrofę, cena naszej porażki może być nieskończona. Ludzki umysł nie radzi sobie dobrze, gdy nie wie czegoś na pewno, zwłaszcza jeśli jest to niepewność o „grubym ogonie", tak typowa dla globalnego ocieplenia. Jak uważa Weitzman:

– Jest taka ludzka skłonność, która każe nam mówić, że prawdopodobieństwo wynosi w praktyce jeden albo zero.

Zamiast traktować dziesięcioprocentowe ryzyko katastroficznego wzrostu temperatur tak, jakby miało jedną możliwość na dziesięć faktycznie się wydarzyć, postępujemy, jakby było niemożliwe.

– W przypadku tych najczarniejszych scenariuszy zachowujemy się tak, jakby nie było nas stać na zapobieganie im – twierdzi Weitzman.

Po części powstrzymuje nas to przed sądzeniem, że przyczyny antropogenicznych zmian klimatu są globalne i rozproszone. Tona dwutlenku węgla szkodzi całemu światu niezależnie od tego, gdzie się ją wyprodukuje. Żeby zapobiec wojnie nuklearnej, musimy się skupić na garstce atomowych mocarstw, ale do przemian klimatycznych przykłada się każdy kraj świata, a w zasadzie niemal każdy człowiek. Czy kiedykolwiek widzieli Państwo

spór w pracy, w którym nikt nie bierze na siebie odpowiedzialności, bo zamieszani są wszyscy? Globalne ocieplenie to właśnie taki spór, tylko 7,7 miliarda razy większy – najpoważniejszy problem kolektywnego działania w historii.

O ile przyczyny zmian klimatu są rozproszone po całym świecie, o tyle ich konsekwencje koncentrują się przede wszystkim w przyszłości. W zasady działania globalnego ocieplenia jest wpisane opóźnienie. Gdybyśmy nawet mieli powstrzymać antropogeniczne wydzielanie gazów cieplarnianych natychmiast, z dnia na dzień – koniec z węglem, koniec z ropą, koniec z benzyną – klimat i tak ociepliłby się o 0,3 stopnia z powodu historycznych emisji od czasu rewolucji przemysłowej [83].

Prawdziwymi ofiarami każdego przekręcenia kluczyka w stacyjce albo uruchomienia klimatyzacji nie jesteśmy my, ludzie żyjący w obecnym pokoleniu – są nimi nasze dzieci, wnuki i ich potomkowie. W przypadku każdego innego zagrożenia egzystencjalnego – wojny atomowej, pandemii genetycznie zaprojektowanego wirusa, nawet inwazji z kosmosu – pierwszymi ofiarami byliby ludzie współcześni, mimo że o wiele większą tragedią jest strata znacznie liczniejszych istnień ludzkich, które mogłyby żyć w przyszłości. Najgorsze konsekwencje zmian klimatu, te prawdziwie egzystencjalne, nie dadzą się odczuć, nim wielu albo i większość z nas nie odejdzie już z tego świata. Tu pojawia się ważne pytanie: ile jesteśmy winni przyszłym pokoleniom?

Kiedy myślimy o sobie – przynajmniej w wąskiej metalowej rurze maszyny do funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI) – część naszego mózgu zwana przyśrodkową korą przedczołową (mPFC) zapala się jak nowojorski Times Square w sylwestra. Gdy myślimy o członkach naszych rodzin, również się podświetla, ale mniej intensywnie. Jeśli zaś myślimy o ludziach, z którymi nie czujemy żadnej więzi – na przykład

o mieszkańcach Malediwów, które pewnego dnia najprawdopodobniej zostaną zalane przez rosnący pod wpływem zmian klimatu poziom morza – pobudzenie przyśrodkowej kory przedczołowej jest jeszcze słabsze.

Nie trzeba aparatu do rezonansu za trzy miliony dolarów, żeby zauważyć, że ludzie są egoistami [84]. Jak jednak w swoim artykule opublikowanym w 2017 roku przez „Slate" zwraca uwagę Jane McGonigal, dyrektor badań w Instytucie na rzecz Przyszłości, „dziwne jest to, że gdy myślimy o sobie w przyszłości, mPFC nie pracuje równie aktywnie, jak wtedy, gdy wyobrażamy sobie siebie teraz. Im dalej wybiegamy w przyszłość, tym słabsza jest jej reakcja" [85]. McGonigal pisze: „Twój mózg zachowuje się, jakby twoje przyszłe ja było kimś, kogo nie znasz zbyt dobrze i kto w gruncie rzeczy cię nie obchodzi" [86]. Jeśli zaś o samych sobie za kilka lat myślimy jak o kompletnych nieznajomych, o ile mniej zależy nam na życiu pokoleń, które nawet jeszcze się nie narodziły?

Istnieją silne argumenty ekonomiczne za przedkładaniem teraźniejszości nad przyszłość – przede wszystkim fakt, że nieważne, co mówi przewidywana długość życia, przyszłość nie jest gwarantowana nikomu. Pytanie brzmi, o ile ważniejsza powinna być dla nas chwila obecna. Ekonomiści potrafią to wyliczyć za pomocą tak zwanej społecznej stopy dyskontowej. Określa ona, jak bardzo spada obecna wartość jakiegoś obiektu z biegiem czasu. Jest to w gruncie rzeczy odwrotność procentowej stopy zwrotu, która podaje tempo wzrostu wartości danej inwestycji w przyszłości. Społeczną stopę dyskontową określa się na podstawie bardzo wielu czynników, takich jak oprocentowanie pożyczek przez banki i spodziewana stopa zwrotu z inwestycji. Dla przykładu: administracja prezydenta Obamy posługiwała się stopą dyskontową w wysokości pięciu procent przy analizie społecznych kosztów emisji CO_2, czyli gospodarczych szkód wyrządzonych przez każdą tonę dwutlenku węgla [87].

Ekonomiści nie przejmują się zbytnio przyszłością także dlatego, że spodziewają się, iż będziemy wtedy bogatsi – o wiele bogatsi. Nawet jeśli wziąć pod uwagę tymczasowe spadki wywołane kryzysami gospodarczymi, jak dotąd to założenie się sprawdza, zwłaszcza w czasach współczesnych. Światowe PKB w 1900 roku wynosiło bilion dolarów, do 2000 roku wzrosło już do czterdziestu bilionów, a potem bardziej niż podwoiło się w ciągu kolejnych osiemnastu lat [88]. Wymyślamy nowe technologie, stajemy się bardziej produktywni, a ekonomiści głównego nurtu nie widzą powodu, by sądzić, że motor wzrostu w najbliższym czasie wytraci pęd. Dlatego właśnie na ogół znacznie mniej przejmują się problemami takimi jak zmiany klimatu, które będą odczuwalne głównie w przyszłości. Przy obecnym tempie rozwoju światowa gospodarka podwoi swoje rozmiary w ciągu około dwudziestu lat – a dwukrotnie bogatszy świat powinien być w stanie dać sobie radę z dwukrotnie poważniejszymi katastrofami. Taką przynajmniej mamy nadzieję.

Ma to sens przy rozważaniu niezbyt długiej perspektywy czasowej, na przykład gdy jakaś firma zastanawia się nad wzięciem pożyczki. Ale gdy zaczynamy myśleć o bardziej odległej przyszłości – na przykład na skalę, na jaką działa globalne ocieplenie, czyli dziesięcioleci albo nawet stuleci – możemy dojść do bardzo dziwnych wniosków. Filozof Derek Parfit, o którym wspominałem we wstępie, pisze: „Przy stopie dyskonta wynoszącej pięć procent jedna śmierć w następnym roku liczy się tak jak ponad miliard śmierci za pięćset lat” [89]. Oznacza to, że oparte na dyskontowaniu rozumowanie ekonomiczne uważa za ważniejsze uratowanie jednej osoby w przyszłym roku niż przeszło miliarda osób żyjących za pięć stuleci. Mówiąc w kategoriach walutowych, przy pięcioprocentowej stopie dyskontowej dziś nie byłoby warto wydać więcej niż dwa tysiące dwieście dolarów, by zapobiec szkodom wartym osiemdziesiąt siedem *bilionów* – tyle obecnie

wynosi wartość całej gospodarki świata – za pięćset lat. W perspektywie siedmiuset lat nie opłacałoby się rzucić na to więcej niż trzynastu centów. Tak właśnie lekceważymy odległą przyszłość.

Łatwiej zrozumieć nieprzyjemną moralną matematykę dyskontowania, jeśli odwrócimy sytuację i pomyślimy o sobie nie jako o ludziach teraźniejszych patrzących w przyszłość, tylko jako o ludziach z przyszłości – dla mieszkańców przeszłości. Za następującą analogię jestem wdzięczny Nickowi Becksteadowi, kierownikowi programów w Open Philanthropy Project – organizacji *non profit* z Doliny Krzemowej, wspierającej przedsięwzięcia charytatywne oparte na wynikach badań empirycznych. Wyobraźmy sobie, że starożytni Rzymianie usłyszeli od swoich starożytnych rzymskich naukowców, że jakaś czynność, wyraźnie korzystna dla ich społeczeństwa na krótszą metę – na przykład spalanie taniego, lecz zanieczyszczającego środowisko węgla – może stworzyć ryzyko egzystencjalne dla ich potomków dwa tysiące lat później. Z naszej współczesnej perspektywy byłoby szaleństwem, gdyby zrobili cokolwiek, co zagroziłoby jakości życia w naszych czasach albo nawet jego istnieniu, mimo że wtedy mieliby z tego jakieś korzyści. A jednak te same równania stopy dyskontowej, które wykorzystują ekonomiści głównego nurtu przy rozważaniach zmian klimatu, kazałyby im nie przejmować się nami – wartość nawet całej ludzkiej cywilizacji za parę tysięcy lat byłaby dla nich właściwie zerowa, tak jak istnienie ludzi za kilka stuleci nie znaczy nic dla nas… przynajmniej przy pięcioprocentowej stopie dyskontowej.

Tylko że pięcioprocentowa stopa dyskontowa nie wzięła się z kamiennej tablicy, przyniesionej ludzkości przez Adama Smitha. Sami decydujemy, jaka jest jej wysokość, a decyzja ta stanowi przybliżony wyraz naszej troski o przyszłość – a więc podaje, innymi słowy, jak bardzo przejmujemy się globalnym ociepleniem.

– Jeśli ktoś chce strywializować zmiany klimatu, to chce mieć wysoką stopę dyskontową, wtedy rzeczywiście będą one trywialne – mówi Weitzman. – A jeśli ktoś chce, żeby zmiany klimatu miały znaczenie i żeby ludzie coś z nimi zrobili, to musi zakładać niską stopę dyskonta.

Pamiętają Państwo, że raport Sterna z 2006 roku przewidywał znacznie większe gospodarcze koszty ocieplenia niż inne modele. Wynikało to głównie z wyjątkowo niskiej stopy dyskontowej zakładanej przez autora: zaledwie 1,4 procent. Stern wybrał ją po części dlatego, że znacznie bardziej pesymistycznie od przeciętnego ekonomisty oceniał bogactwo przyszłych pokoleń, a po części dlatego, że przyjął postawę etyczną, zgodnie z którą my, ludzie teraźniejsi, powinniśmy cenić swoich przyszłych potomków niemal na równi z samymi sobą. Taka stopa dyskontowa posłużyła Sternowi za podstawę argumentu, że całkiem sensowne z punktu widzenia gospodarki jest przeznaczenie jednego procenta światowego PKB na zapobieżenie niebezpiecznym zmianom klimatu – później podniósł tę liczbę do dwóch procent [90]. Dziś byłaby to suma znacznie powyżej biliona dolarów rocznie.

Możemy pozwolić, żeby o zasadność twierdzeń Sterna spierali się ekonomiści – którzy zabrali się do tego bardzo ochoczo. Na przykład Weitzman krytykował miejsce stopy dyskontowej w modelach Sterna, ale przyznawał też, że konwencjonalne dyskontowanie nie sprawdza się w obliczu grubego ogona ryzyka katastroficznych zmian klimatu. Jeśli wzrost temperatur o jeden stopień to utrata jednego procenta wzrostu PKB, a o dwa stopnie – dwóch procent, pewnie możemy liczyć, że przyszły wzrost gospodarczy z nawiązką zrekompensuje konsekwencje globalnego ocieplenia, choć będzie to nieprzyjemne przeżycie. Jeżeli jednak istnieją jakieś ukryte punkty krytyczne, jeśli relacja między wzrostem temperatur a szkodami dla gospodarki nie jest liniowa, tylko wykładnicza, cała sprawa przedstawia się zupełnie inaczej [91].

To, jak określimy znaczenie przyszłych pokoleń, pomoże nam zdecydować, co zrobić ze zmianami klimatu dziś. I tym powinniśmy się niepokoić. Neurologia i psychologia mówią nam, że instynktownie lekceważymy przyszłość, a ekonomia – że przejmowanie się przyszłością nie wydaje się opłacalne. Jaka jednak *powinna*, z punktu widzenia etyki, być nasza postawa wobec naszych przyszłych potomków? Wobec prapraprawnuków, których jakość życia albo i życie w ogóle zależy po części od tego, co zrobimy dziś? To pytanie istotne dla walki ze zmianami klimatu, ale stosujące się do każdego zagrożenia egzystencjalnego. Musimy zatem rozmawiać nie tylko z ekonomistami, lecz także z etykami.

Większość etyków powie, że nie jest słusznie automatycznie cenić życie kogoś bliskiego nam geograficznie bardziej od życia człowieka z odległych stron. W praktyce często tak postępujemy – bardziej troszczymy się o rodaków i sąsiadów niż o cudzoziemców – jednak nie uzasadnia to takiego szowinizmu. Rozwój działających globalnie organizacji charytatywnych, takich jak Fundacja Gatesów, oraz ogólny wzrost pomocy międzynarodowej [92] dowodzą, że ludzkość dojrzała i że zaczęliśmy się bardziej przejmować losem ludzi oddzielonych od nas w przestrzeni. Po części jest to zasługa mediów, dzięki którym możemy zobaczyć, jak żyją. Dlaczego zatem nie powinniśmy się zainteresować sytuacją przyszłych pokoleń, oddzielonych od nas w czasie?

Do pewnego stopnia już to robimy. Kocham swojego syna bardziej, niż myślałem, że to możliwe; moja żona i ja poświęcimy część swojej współczesnej satysfakcji z życia dla jego przyszłego dobrobytu (najpierw zrezygnowaliśmy ze snu). Wszyscy kochamy swoje – konkretnie swoje – dzieci. O ile jednak są one naszą przyszłością, nieszczególnie nadają się na surogatów bardziej odległych czasów, które będą mieć znaczenie w kontekście zmian klimatu i innych zagrożeń egzystencjalnych. Lepiej byłoby zadać

pytanie: czy byłem gotowy poświęcać się dla swojego syna, kiedy istniał jeszcze tylko potencjalnie? Czy poświęcimy się dla hipotetycznych dzieci, wnuków i prawnuków, których może nigdy nie poznamy i którzy może nigdy nie poznają nas?

Większość z nas odpowiada: nie. Widać to w naszym braku kolektywnego działania w kwestii zmian klimatu. Problem polega na tym, że jak pisał futurysta i socjolog z Yale Wendell Bell: „poświęcenie czegoś dziś dla dobra przyszłości wydaje się drogą jednokierunkową” [93]. Poświęcenie przeżywamy tu i teraz, korzyści będą czerpać ludzie, których nigdy nie poznamy. Zamiast tego teraźniejszość „kolonizuje przyszłość”, jak powiedział filozof społeczny Roman Krznaric – traktuje ją „jak odległą prowincję, na której możemy zrzucić zniszczenie środowiska, odpady nuklearne, dług publiczny oraz ryzyko technologiczne” [94].

Ponieważ ludzie przyszłości jeszcze nie istnieją, nie mają głosu i nie mogą walczyć o swoje interesy. ONZ istnieje po części po to, żeby wszyscy żyjący dziś na Ziemi byli jakoś reprezentowani niezależnie od tego, gdzie są. Jak jednak mówi mi etyk z Uniwersytetu Nowojorskiego Samuel Scheffler:

– Nie ma ponadczasowego ONZ. Na rzecz obywateli przyszłości będziemy pracować, tylko jeśli poczujemy się zmotywowani, by działać w ich imieniu.

Scheffler jest autorem książek o złowieszczych tytułach, takich jak *Death and the Afterlife*, jednak jak na etyka jest raczej optymistą. Gdy przyjął mnie w swoim skromnie wyposażonym, porządnym biurze przy Washington Square w Nowym Jorku, wyjaśnił, że z przyszłością łączy nas więcej, niż mogłoby się wydawać. Wiele rzeczy, które robimy dziś, ma sens, tylko jeśli po naszej śmierci będzie jeszcze jakaś przyszłość.

– Jeśli próbuję wymyślić lek na raka, ale ludzkość wyginie za trzydzieści lat, to nie będzie to zbyt wartościowe zajęcie – stwierdza.

Nigdy się nie dowiemy, jak będzie wyglądać odległa przyszłość, jednak polegamy na tym, że jakaś będzie. Jeśli ją utracimy, to stracimy też pewien zasadniczy element człowieczeństwa. Dzień obecny straci swoją wartość – może nawet całą.

By pokazać, jakie byłoby to uczucie stracić przyszłość, Scheffler podaje przykład powieści *Ludzkie dzieci* autorstwa angielskiej pisarki Phyllis Dorothy James (w 2006 roku wybitnie zekranizowanej przez Alfonsa Cuaróna). Jej akcja toczy się w Anglii w 2021 roku. Wiele lat wcześniej wszyscy mężczyźni na świecie w tajemniczy sposób stali się bezpłodni. Ludzie nie mogą już się rozmnażać, naukowcy rozkładają ręce. Ostatni ludzie – zwani Omegami – urodzili się dwadzieścia sześć lat przed rozpoczęciem akcji powieści. Rodzaj ludzki powoli wymiera.

Gdybyśmy musieli wybrać, jak wyginiemy, nie byłby to najgorszy scenariusz. Nikt nie ginie w erupcji superwulkanu albo po uderzeniu asteroidy. Nikt nie musi patrzeć, jak jego dzieci giną na genetycznie zmodyfikowaną supergrypę. Klimat nie różni się zbytnio od dzisiejszego. Ludzkość nie traci pieniędzy ani w ogóle niczego, co ma dziś – oczywiście prócz przyszłości. James zręcznie pokazuje jednak, że przyszłość jest wszystkim.

Społeczeństwo powoli upada. Wszyscy oddają się dziecinnym sposobom zabijania czasu, a sprawiedliwość, sztuka czy prawda – wartości dla ludzi wiecznych – przestają kogokolwiek interesować. „Bez nadziei na potomstwo – mówi James głosem swojego narratora Theo, profesora Oksfordu, który nie ma już kogo uczyć – jeśli nie własne, to gatunku, bez pewności, że po naszej śmierci życie nie zaniknie, wszystkie intelektualne i zmysłowe przyjemności czasami wydają się niczym więcej, jak żałosną, wątłą obroną

przed ostateczną zgubą” [95]. Jest to świat, który jeszcze jakiś czas będzie żył, ale tak naprawdę już umarł.

W *Ludzkich dzieciach* koniec świata po prostu się dzieje, a ludzie nie mogą nic z tym zrobić. W przypadku zmian klimatu albo innych zagrożeń egzystencjalnych opisanych na stronach tej książki nie jest wykluczone, że wybieramy wyginięcie przez swoje działania lub zaniedbania. To kolejne przypomnienie, jak istotna jest obecna chwila dla wszystkiego, co przyjdzie po nas – albo nie przyjdzie. Może poprzednie pokolenia nie troszczyły się o przyszłość bardziej niż my, jednak znacznie mniej mogły zrobić, by ją zmienić – na gorsze albo na lepsze. Starożytni Rzymianie mogli spowodować koniec świata tylko w naszym myślowym eksperymencie. My natomiast mamy tę władzę. To niesamowite i straszliwe zadanie – zapewnić najlepszą, najbezpieczniejszą przestrzeń dla przyszłości w epoce narastających zagrożeń egzystencjalnych. Zbyt często zdarza nam się o nim nie myśleć.

Wchodzimy w przyszłość uśpieni, ale Alexander Rose chce nas obudzić. Jest dyrektorem The Long Now Foundation, założonego w San Francisco kolektywu poświęcającego się promowaniu myślenia o odległej przyszłości. Bardzo odległej – Rose i jego koledzy, w tym muzyk Brian Eno i współzałożyciel magazynu „Wired” Kevin Kelly, rozważają następne dziesięć tysięcy lat istnienia gatunku ludzkiego, czyli czas dłuższy niż dotychczasowa historia cywilizacji. Organizują wystąpienia i konferencje, mają nawet własny bar w Fort Mason w San Francisco – The Interval – w którym można wypić sześć różnych wersji drinka Old-Fashioned, co dobrze wpisuje się w tematykę upływu czasu. Fundacja przyjmuje też długoterminowe zakłady, na przykład o to, czy liczba ludności świata będzie w 2060 roku mniejsza niż dziś. The Long Now tworzy również bibliotekę ludzkiej wiedzy, która ma zostać zarchiwizowana na kolejne dziesięć

tysiącleci. Spora jej część została zapisana na „dyskach z Rosetty” – krążkach z czystego niklu o rozmiarze dłoni, na których wygrawerowano mikroskopijnym pismem po trzynaście tysięcy stron danych.

Członkowie The Long Now Foundation uważają, że o ile kiedyś patrzeliśmy w przyszłość z niecierpliwością – marząc o księżycowych koloniach i plecakach rakietowych – dziś pochłania nas wszechobecna teraźniejszość i lęk, że ludzka historia może się kończyć, a my jesteśmy bezradni. Rose, z którym spotkałem się na kawę w The Interval pewnego pogodnego marcowego popołudnia, ma realistyczną opinię na temat zagrożeń egzystencjalnych dla ludzkości – w tym także zmian klimatu – martwi się jednak, że przez lęk przestaliśmy marzyć o jutrze.

– Wielu ludzi myśli o sobie jako o końcówce dziesięciu tysięcy lat historii ludzkiej cywilizacji – wyjaśnia. – My twierdzimy, że powinniśmy uważać się za połowę dwudziestu tysięcy lat historii. Co robilibyśmy inaczej, co myślelibyśmy o sobie i o cywilizacji?

Największy projekt The Long Now jest symboliczny. To Zegar Dziesięciu Tysięcy Lat, powstający obecnie wewnątrz góry w zachodnim Teksasie – olbrzymi mechaniczny komputer, mierzący około sześćdziesięciu metrów, odmierzający dni i stulecia przez następne dziesięć tysięcy lat, regularnie wybijając melodię, za każdym razem inną. To pomnik, ale nie swoich twórców – poszczególni liderzy The Long Now nie są na nim upamiętnieni w żaden sposób. Sensem projektu jest trwałość: jeśli potrafimy zbudować zegar bijący dziesięć tysięcy lat, to może równie długo przetrwa nasz gatunek. Tak jak pierwsze zdjęcia Ziemi z kosmosu pomogły nam zrozumieć, że dzielimy ze sobą kruchą błękitną kulkę, tak zegar ma przypomnieć o przyszłości światu zafiksowanemu na chwili obecnej.

– Jedyne, co chcemy przez to powiedzieć, to że istnieją długoterminowe sprawy, które się liczą, i każdy sam decyduje, które z nich uważa za ważne

– tłumaczy Rose, kierujący projektem budowy zegara.

Planowanie na odległą przyszłość nie musi oznaczać obsesyjnego myślenia o niej, nie wiąże się też automatycznie z poświęceniem dobra obecnego pokolenia na rzecz przyszłych. Rose, podobnie jak większość członków The Long Now, jest optymistą – to jeden z powodów, dla których w ogóle budują zegar: wierzą, że za dziesięć tysięcy lat będzie istniał ktoś, kto usłyszy, jak bije.

Według The Long Now Foundation przyszłości jesteśmy winni przede wszystkim szacunek. Nabieramy właśnie zdolności do przewidywania przyszłych zdarzeń. Łatwo nabrać przekonania, że doskonale wiemy, co zrobić dziś, by zagwarantować najlepsze jutro, jeśli tylko będziemy mieli ku temu wolę i polityczną władzę. Ale tak naprawdę widzimy przyszłość jakby w zwierciadle, niejasno; wystarczy tylko spojrzeć w przeszłość, by zrozumieć, jak szybko mogą być obalone aksjomaty polityczne, kulturowe i naukowe. Zamiast próbować narzucać przyszłym wiekom nasze decyzje, powinniśmy starać się zapewnić ludziom jutra maksymalną przestrzeń do bezpiecznego pola manewru. Nie wolno nam zatem pozostawić im klimatu, w którym rozkwit cywilizacji jest niemożliwy, albo nieodwracalnie zubożonej bioróżnorodności. Nie powinniśmy jednak także podejmować za przyszłość konkretnych decyzji technologicznych tylko dlatego, że dziś mogą się nam wydawać etycznie wątpliwe albo nawet odrażające (do prowadzonych przez The Long Now projektów żywcem wyjętych z fantastyki naukowej należy Revive & Restore, którego celem jest wskrzeszenie wymarłych gatunków takich jak mamut włochaty za pomocą najnowszych odkryć inżynierii genetycznej – to nowatorski sposób na przezwyciężenie kryzysu kurczenia się bioróżnorodności [96]). Zamiast tego powinniśmy wykorzystać moc nauki do naprawy tego, co straciliśmy, oraz zagwarantować naszym potomkom dostatek i siłę, bo wierzymy, że będą od nas mądrzejsi i sprawie-

dliwsi, tak jak my jesteśmy mądrzejsi i sprawiedliwsi – w większości – od naszych przodków.

– Ufamy tej przyszłości – mówi Rose – więc próbujemy nie podejmować decyzji, które ograniczają naszą swobodę wyboru albo swobodę wyboru przyszłych pokoleń.

Obrońcy przyrody często chcą, byśmy zachowali przeszłość tak dokładnie, jak to tylko możliwe – klimat taki, jaki był kiedyś, środowisko takie, jakie było kiedyś. O ile jednak nie podzielam ufności Rose'a, że przyszłość będzie lepsza i mądrzejsza od czasów minionych, o tyle zgadzam się, że musimy działać tak, jakby coś miało istnieć w długiej perspektywie, oraz zaakceptować zmiany i zakłócenia, które się z tym wiążą, choć to trochę straszne. W naszej historii wielokrotnie rozwijaliśmy się, robiliśmy bałagan, wymyślaliśmy nową technologię albo ustrój, które naprawiały ten bałagan, a potem zaczynaliśmy cykl od nowa. Wiele lat przed tym, jak zaczęliśmy spalać paliwa kopalne, odmieniliśmy oblicze planety nie do poznania, zakładając gospodarstwa rolne i miasta [97]. To jak spacer po linie – i możliwe, że w przypadku klimatu już przekroczyliśmy punkt, za którym nie ma powrotu – ale tylko tak umiemy iść naprzód. Współzałożyciel The Long Now Stewart Brand, który w latach sześćdziesiątych był radykałem, później wydawał hipisowski magazyn, a potem został ojcem chrzestnym współczesnej Doliny Krzemowej, dobrze kiedyś podsumował egzystencjalne wyzwanie, jakiemu musimy stawić czoła w kwestii klimatu: „Jesteśmy niczym bogowie i musimy się tego nauczyć" [98].

Nie uważam, żeby drogą do uratowania się przed zmianami klimatu było absolutne poświęcenie w chwili obecnej, po części dlatego, że nie sądzę, by ludzie dali się do tego przekonać, a po części dlatego, że zgadzam się z Rose'em i The Long Now, że najlepiej pomożemy przyszłości, jeśli będziemy w stanie rozwijać się dziś. W ten sposób możemy jednak spowo-

dować, że ocalić nas i klimat będą mogły tylko bardzo niepewne naukowe przedsięwzięcia. Nazywamy je geoinżynierią. Cokolwiek by o niej mówić – z pewnością jest to rzecz godna bogów.

Klaus Lackner mówi w sposób, który dodaje jego wypowiedziom władczej powagi, nawet jeśli sugeruje pomysły rodem z powieści *science fiction*. Może to przez niemiecki akcent.

– Gdyby zapytał mnie pan o to piętnaście lat temu – mówi mi w swoim laboratorium w Tempe w Arizonie – powiedziałbym, że musimy wymyślić sposób na ustabilizowanie naszego wpływu na atmosferę przez ograniczanie emisji dwutlenku węgla. Dzisiaj mówię panu: to już nieaktualne. Musimy bezpośrednio zmienić stężenie CO_2.

Lackner jest dyrektorem Centrum na rzecz Ujemnych Emisji Węgla na Uniwersytecie Stanowym Arizony oraz wiodącą postacią w najważniejszej dyscyplinie naukowej, o jakiej nigdy Państwo nie słyszeli: wychwytywaniu dwutlenku węgla. Próbuje zbudować maszyny zdolne do wychwytywania i magazynowania dwutlenku węgla z powietrza – ten proces nazywamy sekwestracją. O ile polityka klimatyczna skupia się na ograniczaniu przyszłych emisji poprzez zastępowanie spalania kopalin nieemisyjnymi odnawialnymi źródłami energii albo nawet energią nuklearną, o tyle Lackner chce obniżyć obecne stężenie CO_2 bezpośrednio, wysysając ten związek z powietrza. Jeśli uda się to osiągnąć – i to na skalę przemysłową – byłby to czysty technologiczny cud. Jak mówi sam Lackner, osiągnęliśmy punkt, w którym cuda są nam koniecznie potrzebne.

Emisje gazów cieplarnianych prowadzą do ocieplania klimatu, bo z biegiem czasu zwiększają stężenie węgla w atmosferze. W epoce preindustrialnej – kiedy klimat był jak ostatnia miska owsianki, którą Złotowłosa znalazła w chatce misiów: ani za zimny, ani za gorący, taki w sam raz – wynosiło

ono około dwustu osiemdziesięciu części na milion (ppm). W 2013 roku przekroczyło czterysta ppm i będzie tylko wzrastać. Nawet jeśli w przyszłości znacznie ograniczymy emisje, wartość ta będzie rosnąć jeszcze przez jakiś czas, bo wpływ naszych działań jest odczuwalny z opóźnieniem, a zatem ocieplanie się klimatu będzie trwać. Jeśli jednak wynalazek Lacknera się sprawdzi, moglibyśmy obniżyć poziom CO_2 w atmosferze, może nawet tak, by zbliżyć się do dawnego poziomu dwustu osiemdziesięciu ppm – niezależnie od politycznych i technologicznych problemów związanych z redukcją emisji gazów cieplarnianych wywołanych przez konsumpcję energii.

Byłaby to geoinżynieria w działaniu – wykorzystanie technologii do ręcznego kontrolowania klimatu jak obrazu w telewizorze. W jakimś kształcie na pewno będzie konieczna. IPCC zarysowało ponad tysiąc scenariuszy zmian klimatycznych i tylko sto szesnaście z nich prognozuje, że rzeczywiście uda się utrzymać ocieplenie poniżej czerwonej linii dwóch stopni – a z tych stu szesnastu tylko osiem nie wymaga usuwania węgla z atmosfery, czyli ujemnych emisji CO_2 [99]. Po części jest tak dlatego, że już zapewniliśmy sobie tak wysoki poziom ocieplenia dotychczasową produkcją dwutlenku węgla. Nie pomaga też trudność zerwania z kopalinowym nałogiem, zwłaszcza w tych częściach rozwijającego się świata, w których błyskawiczny wzrost gospodarczy i związany z nim wzrost zużycia energii jest niezbędny do dalszego funkcjonowania. Jedyny sposób, by pogodzić ten fakt z równie palącą potrzebą ograniczenia ocieplenia do poniżej dwóch stopni Celsjusza, to wykorzystanie technologii, która komercyjnie jeszcze nie istnieje.

W 2011 roku zespół ekspertów donosił, że wyciąganie CO_2 z atmosfery kosztowałoby sześćset dolarów za tonę [100], a zatem koszt wychwycenia trzydziestu siedmiu miliardów ton dwutlenku węgla wyemitowanych

w 2017 [101] – tylko w jednym roku! – wyniósłby niebagatelne dwadzieścia dwa biliony dolarów. Czynimy jednak postępy – ekipa naukowców z Harvardu i start-up Carbon Engineering opublikowały w 2018 roku artykuł, w którym stwierdzono, że mogą być w stanie sprowadzić cenę za tonę do poziomu dziewięćdziesiąt cztery–dwieście trzydzieści dwa dolary [102]. Koszt wychwycenia dwutlenku węgla wyemitowanego przez spalenie jednego galona benzyny wyniósłby zatem jeden–dwa i pół dolara – to mniej niż dzisiaj wynosi akcyza na paliwo w Wielkiej Brytanii [103]. Lackner uważa, że gdyby udało mu się uruchomić sto milionów maszyn swojego projektu do wychwytywania CO_2, mógłby obniżyć stężenie dwutlenku węgla w atmosferze o sto ppm, wyciągając nas tym samym ze strefy zagrożenia [104].

Jeśli cena będzie dalej spadać – a nie ma co do tego pewności – może damy radę się uratować. Skuteczna i tania sekwestracja CO_2 miałaby tę zaletę, że obeszłaby wiele moralnych albo politycznych sporów dotyczących zmian klimatu. Jeśli emitowanie dwutlenku węgla wywołującego globalne ocieplenie jest zbrodnią, to wszyscy jesteśmy zbrodniarzami. Jeśli jednak byłby on tylko jeszcze jedną formą odpadów, z którymi możemy sobie bezpiecznie poradzić, to nie powinniśmy czuć się z tym gorzej niż z workiem naszych domowych śmieci. Traktowanie emisji CO_2 jak śmieci do uprzątnięcia rozbraja psychologiczny dysonans utrudniający prowadzenie polityki klimatycznej – poczucie winy czające się w przepaści między tym, co wiemy o zmianach klimatu, a tym, co robimy, by im zapobiec.

– Powiedziałbym, że czyniąc z emisji dwutlenku węgla kwestię moralną, twierdząc, że ten problem da się rozwiązać, tylko oblekając się we włosiennice, właściwie prosimy ludzi, by się nam sprzeciwiali – uważa Lackner. – Po prostu przestają słuchać.

Miejmy nadzieję, że wychwytywanie dwutlenku węgla stanie się rzeczywistością – ale trzeba powiedzieć, iż sam Vaclav Smil oszacował, że sekwestracja jednej piątej światowych emisji gazów cieplarnianych wymagałaby stworzenia infrastruktury *dwa razy większej* od globalnej branży petrochemicznej. A nawet przy tym zakładamy, że technologia ta kiedykolwiek stanie się praktyczna – wiele pomysłów, które zmieniłyby świat, nie dało rady przedrzeć się przez dolinę śmierci między laboratorium a rynkiem. Jest bardziej prawdopodobne, że będziemy musieli podjąć się geoinżynierii w starym stylu – osłonić Ziemię przed promieniami słońca.

Superwulkany i uderzenia dużych asteroid – a także wojna atomowa – zabijają w ten sam sposób: przez błyskawiczne ochłodzenie klimatu. Olbrzymie ilości pyłów wzbijają się w powietrze i trafiają do atmosfery, gdzie zasłaniają planetę i odbijają światło słoneczne z powrotem w kosmos. Temperatury spadają z dnia na dzień, ustaje fotosynteza, ginie wszystko, co żyje. Ten sam proces chemiczny, który powoduje drastyczne schłodzenie klimatu, może jednak teoretycznie dać się kontrolować, by zrównoważyć ocieplenie wywołane przez efekt cieplarniany. Nazywa się to *solar radiation management* (SRM), zarządzaniem promieniowaniem słonecznym. Być może to jedyna realistyczna, wykonalna gospodarczo strategia powstrzymania najgorszych, najbardziej katastroficznych konsekwencji zmian klimatu.

Inaczej niż w przypadku sekwestracji CO_2 wiemy, jak zadziała SRM, ponieważ obserwowaliśmy to zjawisko w naturze – i to bardzo niedawno, bo w 1991 roku, po erupcji wulkanu Pinatubo na Filipinach. Chmura aerozoli siarczanów tymczasowo zmniejszyła temperatury na świecie o pół stopnia Celsjusza [105]. Istnieje już nawet wykonalny plan zarządzania promieniowaniem słonecznym. Małe biznesowe odrzutowce Gulfstream wyposażone w specjalnie zmodyfikowane wojskowe silniki oraz sprzęt do rozpy-

lania drobnych kropelek kwasu siarkowego latałyby na wysokości około dwudziestu kilometrów. Siarka wiązałaby się z parą wodną i tworzyłaby siarczanową zawiesinę, roznoszoną potem po świecie przez naturalne wiatry. W ten sposób moglibyśmy odbić około jednego procenta światła słonecznego, co wystarczyłoby, żeby przynajmniej częściowo zrównoważyć konsekwencje antropogenicznego ocieplenia klimatu [106].

Projekt byłby przy tym niedrogi. Według obliczeń Davida Keitha, profesora Uniwersytetu Harvarda i jednego z wiodących badaczy geoinżynierii, w 2040 roku potrzebowalibyśmy jedenastu odrzutowców rozpylających ćwierć miliona ton kwasu siarkowego, by zrównoważyć wzrost temperatur, jakiego spodziewamy się w związku z rosnącym poziomem CO_2. Koszt takiego przedsięwzięcia wyniósłby około siedmiuset milionów dolarów rocznie.

Jak w przypadku każdej propozycji, która wydaje się zbyt dobra, jest jednak haczyk. SRM nie miałoby żadnego wpływu na inne szkodliwe konsekwencje emisji CO_2, na przykład zakwaszenia oceanów. Geoinżynieria słoneczna jest też nieprecyzyjna – jeśli w modelach klimatycznych pojawi się błąd, moglibyśmy ochłodzić atmosferę za bardzo albo za mało. Tworzenie chmur kwasu siarkowego powoduje kwaśne deszcze, groźne dla roślin i zwierząt. Geoinżynieria musiałaby trwać w zasadzie na stałe, bo przy założeniu, że dalej emitowalibyśmy gazy cieplarniane, wstrzymanie lotów wywołałoby nagłą katastrofalną falę ocieplenia, zwaną „szokiem przerwania”. Przede wszystkim zaś musielibyśmy wtedy wziąć na siebie odpowiedzialność za klimat naszej planety w stopniu, na który być może zwyczajnie nie jesteśmy gotowi. Nawet Keith, który chce rozpocząć jeden z pierwszych terenowych testów geoinżynierii, powiedział, że ma nadzieję, iż świat nigdy nie będzie potrzebował tej technologii.

Ja jednak uważam, że okaże się niezbędna – po prostu dlatego, że wpisuje się w naszą naturę. Nie jesteśmy gatunkiem planującym na odległą przyszłość. Nie jesteśmy gatunkiem chętnie nakładającym sobie ograniczenia. Jesteśmy gatunkiem starającym się pozostać o krok przed następstwami katastrof, które sami na siebie sprowadzamy; gatunkiem skłonnym zrobić akurat dość, by wszystko działało dalej. Bo lubimy sobie nie przeszkadzać. Geoinżynieria słoneczna nie odpowie na pytanie, co jesteśmy winni przyszłym pokoleniom, nie dowiedzie, że w jakiś sposób wydorośleliśmy. Ale da nam polisę ubezpieczeniową na wypadek najgorszych, najbardziej katastroficznych następstw zmian klimatu – ryzyka grubego ogona, które może nieść ze sobą wyginięcie ludzkości. Dowiedzie też, że jesteśmy akurat tak inteligentni, jak potrzebujemy być – choć może zbyt bystrzy dla naszego własnego dobra.

5

Choroby
Zaraza na XXI wiek

Zagrożenia egzystencjalne, które omawiam w tej książce, są albo historyczne, albo teoretyczne. Uderzenia asteroidy, supererupcji albo globalnej wojny nuklearnej nie przeżyłem ani ja, ani żaden inny człowiek, a pełen obraz zagrożenia ze strony nowych technologii – biologii syntetycznej albo sztucznej inteligencji – nie daje się dokładnie określić. Jest jednak jedno zagrożenie egzystencjalne, z którym zetknąłem się twarzą w twarz: choroby zakaźne. Właśnie wtedy, siedząc na kanapie w pożyczonej kawalerce w Hongkongu, pomyślałem: „Mogę tu umrzeć. Możemy tu wszyscy umrzeć”.

Był marzec 2003 roku. Od dwóch lat pracowałem jako reporter „Time Asia”. Studia też skończyłem dwa lata wcześniej. Świat wciąż był dla mnie nowy. Gdy w 2001 roku wsiadałem do samolotu, była to jedna z pierwszych w moim życiu podróży poza Stany Zjednoczone. Po dwudziestu czterech godzinach i dwóch przesiadkach doleciałem do gęsto zaludnionego przez 6,7 miliona ludzi oszałamiającego miasta wciśniętego w południowowschodni kąt Chin. Na początku byłem samotny, tęskniłem za domem, wyczerpany tłumami, przed którymi nie dało się uciec, tak samo jak przed upałem i wilgocią. Pierwszy miesiąc mieszkałem w hostelu wśród pracowników tymczasowych z kontynentalnych Chin. Chodziłem spać przy wtórze krzyków małp z zoo po drugiej stronie ulicy. Ale Hongkong wsącza się człowiekowi pod skórę. Wiosną 2003 roku zacząłem już odkrywać tam

swoje miejsce. Wyrobiłem sobie nawet tożsamość jako dziennikarz piszący o nauce.

Ale wiosną 2003 roku w wiadomościach niepodzielnie panował jeden temat: zbliżająca się inwazja na Irak. Przynajmniej tak to wyglądało w przypadku pozostałych dziennikarzy. „Time Asia" był regionalnym wydaniem magazynu „Time". O ile jednak według mapy Irak zalicza się do Azji, o tyle dla nas, pracujących w Hongkongu, liczyły się granice wyznaczone przez redaktorów naczelnych z nowojorskiej centrali, według których nasz rewir sięgał tylko do Afganistanu. Tamtej wiosny wypełnialiśmy strony magazynu – z reguły łączącego pisane u nas artykuły o Azji z tekstami z amerykańskiego wydania – doniesieniami o przygotowaniach do walk na Bliskim Wschodzie. W Hongkongu nie mieliśmy zatem wiele do roboty. Może właśnie dlatego tak chętnie rzuciliśmy się na wiadomości o niewyjaśnionej chorobie dróg oddechowych szerzącej się w południowochińskiej prowincji Guangdong, graniczącej z Hongkongiem.

Mieszkałem tam dopiero niecałe dwa lata, ale wiedziałem już, jak groźne byłyby w tym zatłoczonym mieście choroby zakaźne. W najgęściej zaludnionych częściach miasta mieszka ponad czternaście tysięcy osób na kilometr kwadratowy. Na tej samej ulicy co moje mieszkanie rozciągał się też park z tablicą [1] upamiętniającą ostatnią w Hongkongu wielką epidemię dżumy z 1894 roku, w której zginęło ponad sto tysięcy ludzi [2] – ponad dziesięć procent ówczesnej ludności miasta [3]. Niedaleko od parku znajdował się – jak to mówią hongkończycy – „mokry targ", czyli rynek pod gołym niebem, na którym sprzedawano żywe kurczaki. Kupujący je Kantończycy lubią drób tak świeży, że jeszcze gdacze. Takie targowiska znalazły się w samym centrum przerażającej epidemii ptasiej grypy H5N1 w 1997 roku.

Do tamtej chwili, zgodnie ze swoją nazwą, ptasia grypa H5N1 była uważana za zagrożenie tylko dla populacji ptaków – nie ludzi. Wirus jednak

zmutował – jak często zdarza się to grypie – i w kwietniu tamtego roku Hongkong stał się pierwszym miastem, w którym zaobserwowano przypadek ludzkiej śmierci spowodowanej tą chorobą. Zachorowało osiemnaście osób, sześć ostatecznie zmarło.

To bardzo niewiele – w 1997 roku dwieście pięćdziesięcioro dwoje mieszkańców Hongkongu zmarło na gruźlicę – jednak międzynarodowe organizacje zajmujące się ochroną zdrowia były zaniepokojone. Nie tylko z powodu tego, co się działo, ale też gdzie: to w Hongkongu rozpoczęła się w 1968 roku ostatnia globalna pandemia grypy, a jej początkiem było przeskoczenie zmutowanego szczepu wirusa z ptaków na ludzi niemających odporności na tę nową odmianę. Zaraza zabiła na świecie ponad milion osób. Najbardziej prawdopodobnym pierwszym ogniskiem epidemicznym były obszary, na których ludzie często mieli kontakt z dużą liczbą ptaków – na przykład mokre targi w Hongkongu. Tam wirusy grypy mogły się krzyżować oraz skakać z jednego gatunku na drugi. Pierwsze przypadki H5N1 u ludzi mogły oznaczać początek nowej globalnej pandemii, władze miasta szybko poczyniły więc drastyczne kroki, by powstrzymać chorobę. Wybito wszystkie kurczaki na terenie Hongkongu – w sumie 1,2 miliona sztuk [4]. To podziałało – po eksterminacji nie odnotowano kolejnych zachorowań u ludzi. Władze ochrony zdrowia i badacze grypy bali się, że H5N1 może któregoś dnia powrócić.

Kiedy zatem w lutym 2003 roku zaczęły krążyć wieści o tajemniczej chorobie układu oddechowego w Guangdongu, wiele osób uważało, że to powrót ptasiej grypy. Ale tak nie było. Wkrótce w Hongkongu zaczęły się pojawiać przypadki osób cierpiących na podobne objawy: gorączkę, dreszcze, duszności, czasem tak poważne, że wielu pacjentów trzeba było podłączyć do respiratorów. Nagle przyszła wiadomość, że w Szpitalu imienia Księcia Walii zachorowały dziesiątki lekarzy, pielęgniarek i studentów.

Nowe przypadki odkryto w Wietnamie, Singapurze, Niemczech i Kanadzie. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) ogłosiła, że choroba jest „zagrożeniem dla zdrowia na całym świecie", i nadała jej nazwę: zespół ciężkiej niewydolności oddechowej SARS (*severe acute respiratory syndrome*) [5].

Jednak nawet perspektywa globalnej pandemii nieznanej dotąd choroby nie potrafiła wyrugować z pierwszych stron zbliżającej się inwazji na Irak. Gdy w sobotę w nocy zamykaliśmy numer, miałem dość miejsca tylko na krótkie podsumowanie. Zacząłem artykuł tak: „Międzynarodowe instytucje zajmujące się ochroną zdrowia mierzą się z absolutnym koszmarem: bardzo zaraźliwą, być może śmiertelną chorobą o nieznanej kompozycji genetycznej, na którą nie ma obecnie lekarstwa ani szczepionki" [6]. Dziś zdaję sobie sprawę, że nie miałem wtedy – jeszcze – pojęcia, co tak naprawdę znaczą te słowa. Tak naprawdę myślałem, że SARS, tak jak H5N1 w 1997 roku, pojawi się na moment i zniknie.

Następnego ranka wsiadłem do samolotu do Stanów Zjednoczonych. Wybierałem się do Tucson w Arizonie na ślub bliskiego przyjaciela. Gdy doleciałem na miejsce i wychodziłem z lotniska, zatrzymali mnie reporterzy miejscowej telewizji. Chcieli zadać parę pytań, ale nie o chorobę, którą zostawiłem w Hongkongu, tylko o moje zdanie na temat inwazji na Irak (jeśli ma to znaczenie, byłem przeciw). Kilka dni później, nie mogąc spać i będąc jeszcze trochę pijany po weselu, zacząłem obsesyjnie oglądać wiadomości telewizyjne, ale cały czas była mowa o Iraku i tylko o Iraku. Zasnąłem, słuchając kolejnej konferencji prasowej Colina Powella.

Wirusy nie dbają jednak o cykl medialny. Gdy po ośmiu dniach nieobecności lądowałem w Hongkongu, SARS był wszędzie. W lotniskowej aptece zobaczyłem pierwszą stronę „South China Morning Post", donoszącą, że szef Hongkońskiego Zarządu Szpitali zachorował z podejrzeniem SARS [7]. Wracając z lotniska do miasta pociągiem ekspresowym, ujrzałem obraz,

który miał się stać symbolem epidemii: bawełniane maski chirurgiczne na ludzkich twarzach. Widać było tylko oczy pełne strachu.

Tydzień po moim powrocie władze ogłosiły kwarantannę części wielkiego osiedla Amoy Gardens na wieść, że setki mieszkańców zachorowały na SARS [8]. Właśnie wtedy strach stał się realny. Do tamtej chwili choroba występowała głównie w szpitalach, czasem dotykała pechowego podróżnego. Przypadek Amoy Gardens zdawał się jednak dowodzić, że epidemia może dotknąć nas tam, gdzie mieszkamy. Naukowcy wciąż nie wiedzieli, co wywołuje SARS, nie było też skutecznej metody leczenia (po drugiej stronie granicy z Guangdongiem spekulanci windowali cenę octu, który – według nieprawdziwych pogłosek – miał zapobiegać chorobie) [9]. Jeśli mogły się zarazić setki ludzi na jednym osiedlu, co powstrzymywało wirus przed zniszczeniem jednego z najbardziej zatłoczonych miast świata? Co mogłoby nas ochronić?

Światowa Organizacja Zdrowia wydała bezprecedensowe ostrzeżenie dotyczące podróży do Hongkongu i Guangdongu, odradzające niepotrzebne wizyty w tym regionie – był to pierwszy taki przypadek w dziejach [10]. Lśniące szkłem miejskie lotnisko, na ogół obsługujące setki tysięcy pasażerów każdego dnia [11], nagle zaczęło świecić pustkami. Małżonkowie i dzieci zagranicznych pracowników miejskiego sektora finansowego wrócili do domów albo polecieli do kurortów, takich jak wyspa Phuket w Tajlandii, żeby przeczekać chorobę. Pięciogwiazdkowe hotele opustoszały, restauracje i bary się wyludniły. Nawet The Rolling Stones, których zaprawione w bojach układy odpornościowe z pewnością przeżyły już gorsze rzeczy, odwołali planowany koncert w Hongkongu. Kilku redaktorom „Time Asia” nakazano pracować z domu, żeby zagwarantować wydanie magazynu, w przypadku gdyby ktoś zachorował i cały budynek trzeba by było objąć kwarantanną. Przy pracy nosiliśmy maski, ale te bawełniane, chirurgiczne,

po kilku minutach robiły się wilgotne od oddechu i zaczynały przepuszczać zarazki, a we wzmocnionych maseczkach N-95 było nam gorąco i niewygodnie – zresztą w Hongkongu zaczynało już ich brakować. Każdego wieczoru, około osiemnastej, władze ogłaszały liczbę potwierdzonych nowych przypadków SARS. U szczytu epidemii chorobę diagnozowano u pięćdziesięciu osób dziennie [12].

Mieszkałem wtedy w pełnym karaluchów mieszkaniu pozostawionym przez innego reportera, który pojechał do Iraku. Zostałem uwięziony w obcym mieście, trzynaście tysięcy kilometrów od rodziny i przyjaciół, a gdyby epidemia miała się pogorszyć i choroba zaczęłaby się szerzyć po Hongkongu, mógłbym tam umrzeć. Wszyscy moglibyśmy tam umrzeć.

A jednak był to moment, w którym odkryłem, do czego zostałem powołany. Od tego odkrycia rozpoczęła się wieloletnia podróż zwieńczona napisaniem tej książki.

Niedługo po pojawieniu się ogniska epidemicznego w Amoy Gardens naukowcy z Uniwersytetu Hongkońskiego (HKU) ogłosili, że udało im się zidentyfikować prawdopodobną przyczynę: nigdy wcześniej niewidzianego koronawirusa, przedstawiciela tej samej rodziny, co wirusy zapalenia płuc i przeziębienia. Dzień po konferencji prasowej odwiedziłem laboratorium HKU w Szpitalu imienia Królowej Marii. Przyjrzałem się winowajcy przez mikroskop elektronowy. Wyglądał jak okrągły niebieski kleks w koronie wirusowych białek, od której bierze się nazwa tej grupy zarazków. Zabójca miał długość jednej dziesięciotysięcznej milimetra [13].

Odkrycie koronawirusa SARS było punktem zwrotnym w walce z chorobą. Zaraza potrafiła zabijać – zmarło dziesięć procent zainfekowanych, co w epoce antybiotyków i leków przeciwwirusowych jest bardzo dużą śmiertelnością dla choroby zakaźnej [14]. Jednak nawet straszny SARS miał swoje słabości. Nie rozprzestrzeniał się zbyt łatwo – do większości wczesnych

zakażeń doszło w szpitalach, głównie przez to, że lekarze na początku podłączali pacjentów do respiratorów, które rozpylały zarazki w powietrzu jak broń biologiczną. Po wprowadzeniu nowych metod kontroli dróg przenoszenia wirusa szybko przestało dochodzić do zarażeń w szpitalach. Ognisko epidemiczne w Amoy Gardens, które tak nas przeraziło, okazało się wyjątkiem – jeden zarażony mieszkaniec dostał biegunki, będącej rzadkim objawem SARS, a problemy z instalacją kanalizacyjną budynku doprowadziły do rozniesienia zarazków po całym bloku, później zaś po osiedlu [15]. Nie było innych dużych ognisk. 23 maja WHO ostatecznie odwołała ostrzeżenie przed podróżami do Hongkongu, a następnego dnia po raz pierwszy od początku epidemii nie stwierdzono w mieście żadnych nowych przypadków choroby. 5 lipca ogłoszono, że SARS – na który zapadło przeszło osiem tysięcy osób na świecie, z czego ponad siedemset siedemdziesiąt zmarło – został opanowany. W listopadzie do Hongkongu wrócili nawet Stonesi.

SARS był zarazą XXI wieku. Był zoonozą, czyli chorobą odzwierzęcą – przeszedł ze zwierząt na ludzi. Wiele chorób pojawia się u nas w ten sposób – na przykład HIV [16]. Po latach prac naukowcy z Hongkongu stwierdzili wreszcie, że wirus narodził się u nietoperzy podkowców z południowych Chin. Od nich przeskoczył na pagumy chińskie, podobne do kotów ssaki z Azji Południowo-Wschodniej. Tak jak wiele innych zwierząt pagumy często trafiają na zatłoczone targowiska Guangdongu, gdzie są sprzedawane na ubój. Rynki te, zamykające ludzi i dzikie zwierzęta na małej powierzchni, to niezrównane wylęgarnie wirusów, w których nowy patogen, na przykład SARS, może przeskoczyć między gatunkami. Możliwe, że jakiś nieświadomy niczego gość targu został podrapany, gdy chciał kupić żywą pagumę na zupę „smok, tygrys i feniks”, popularną wówczas wśród majętnych mieszkańców regionu [17].

Epidemia SARS była wynikiem całej serii wypadków i błędów. Najpierw wirus wykształcił się u nietoperzy. Potem przeskoczył na zwierzę, które miało częściej kontakt z ludźmi – pagumę – a z tego pośredniego gospodarza na człowieka. To jednak nie wszystko. Gdyby przebył tę drogę pięćdziesiąt lat wcześniej, gdy kontynentalne Chiny miały niewiele kontaktów ze światem, pewnie nigdy nie zyskałby globalnego zasięgu. Ale w 2003 roku był to już kraj otwarty, a tysiące ludzi podróżowały każdego dnia z Guangdongu do Hongkongu.

Jednym z nich był lekarz Liu Jianlun. Gdy w lutym 2003 roku przyjechał do Hongkongu na ślub, był już nosicielem SARS. Ale większość chorych zarażała tylko osoby, które miały z nimi bardzo bliski kontakt, na przykład pielęgniarki w szpitalu albo zajmujących się chorymi krewnymi w domu. Jednak z jakichś przyczyn, nadal do końca niewyjaśnionych przez nauki medyczne, wśród pacjentów chorych na SARS była garstka „superzarażaczy", zdolnych zainfekować niezwykle dużą liczbę osób [18]. Liu był jednym z nich. Zaraził szesnaście osób w hotelu Metropole, te zaś wróciły samolotem do domu i nieświadomie zapoczątkowały ogniska choroby w Kanadzie, Singapurze, Tajwanie i Wietnamie.

Ostatnim niezbędnym składnikiem epidemii były rządowe machlojki. SARS szerzył się w Guangdongu miesiącami, nim chiński rząd wreszcie przyznał, co się dzieje, co dało chorobie czas na przeniknięcie przez granicę do Hongkongu – skąd każdego dnia startują setki lotów międzynarodowych – a potem do innych krajów świata. Zmowa milczenia trwała nawet po tym, jak w marcu 2003 roku choroba dotarła do Pekinu. Dopiero odważny lekarz Jiang Yanyong skontaktował się z moimi kolegami z „Time" w stolicy Chin i powiedział im, że rząd ukrywa zasięg SARS [19], wywożąc nawet dziesiątki pacjentów z podejrzeniem choroby do innych szpitali, żeby nie zobaczyli ich urzędnicy WHO [20].

SARS unaocznił znaczenie przejrzystości dla prób opanowania ogniska epidemicznego, kiedy nawet jeden przeoczony albo ukryty pacjent może podtrzymać rozprzestrzenianie się choroby. Kłamstwa Pekinu pogorszyły i tak poważny kryzys. Choroba dowiodła też, że więzi łączące zglobalizowany świat czynią nas bardziej narażonymi na choroby, które teraz mogą się przenosić za pośrednictwem niemal dwunastu milionów pasażerów odprawianych każdego dnia przez lotniska [21]. Świat był gotów paść ofiarą zarazy.

Jednak te same więzi pomogły nam powstrzymać epidemię, zanim dokonała jeszcze większych szkód. Międzynarodowa sieć laboratoriów dzielących się danymi przez internet była w stanie zidentyfikować wirusa wywołującego SARS niecały miesiąc po pierwszym globalnym sygnale alarmowym WHO [22]. Porównajmy to z dwoma długimi latami, które minęły między pierwszymi objawami AIDS a odkryciem wirusa HIV [23] na początku lat osiemdziesiątych. Gdy w marcu stało się jasne, jak niebezpieczny jest SARS, WHO wykazała się godną podziwu odwagą, wydając ostrzeżenia przed podróżowaniem do zagrożonych obszarów mimo protestów władz, które twierdziły, że stracą miliardy – i miały rację. Poza Hongkongiem, Chinami Ludowymi, Kanadą i Tajwanem ogniska choroby pojawiły się w przeszło trzydziestu krajach, ale liczyły tylko garstkę przypadków dzięki szybkiej izolacji chorych pacjentów i profilaktycznej kwarantannie osób, które miały z nimi kontakt. Zginęły setki ludzi, ale SARS mógł być o wiele bardziej zabójczy [24].

Mieliśmy szczęście. Na SARS nie było szczepionki ani leku przeciwwirusowego – nie ma ich zresztą do dziś – jednak lekarze byli w stanie skutecznie leczyć go za pomocą podstawowych metod stosowanych przy każdej chorobie układu oddechowego. Większość zarażonych wróciła do zdrowia. Wirus okazał się też niezbyt zaraźliwy. Choroby opisuje się za pomocą

podstawowego współczynnika reprodukcji (R_0), czyli średniej liczby osób zarażonych przez jednego chorego. Jednym z najbardziej zakaźnych schorzeń na Ziemi jest odra, której R_0 wynosi dwanaście–osiemnaście. Po wprowadzeniu środków kontroli infekcji R_0 SARS wynosiło 0,4 [25], nic więc dziwnego, że ogniska udało się tak szybko opanować.

Mimo wszystko wirus właściwie zatrzymał życie w Azji Wschodniej na całe tygodnie. Światowa gospodarka straciła przez to do osiemdziesięciu miliardów dolarów [26], co wytrzymuje porównania z najkosztowniejszymi katastrofami naturalnymi w historii ludzkości. SARS był najbardziej przerażającą chorobą zakaźną od czasu AIDS. A jednak koniec końców strach, który czułem, siedząc sam w mieszkaniu w Hongkongu, był bezpodstawny – wirus zwyczajnie nie miał zdolności stać się prawdziwie egzystencjalnym zagrożeniem.

Na tym polega paradoks choroby zakaźnej jako zagrożenia egzystencjalnego. Nic w dziejach nie zabiło więcej ludzi niż wirusy, bakterie i pasożyty: ani klęski żywiołowe takie jak trzęsienia ziemi i wulkany, ani nawet wojna. Według jednego z szacunków połowa ludzi, którzy kiedykolwiek chodzili po ziemi, zmarła wskutek tylko jednej choroby – malarii [27], do dziś zabijającej niemal pół miliona osób rocznie [28]. Epidemie to mordercy na skalę dziś absolutnie niewyobrażalną. Dżuma Justyniana wybuchła w VI wieku i zabiła może nawet pięćdziesiąt milionów ludzi, co byłoby połową ludności ówczesnego świata [29], a czarna śmierć z XIV stulecia – zapewne spowodowana tym samym zarazkiem – może odpowiadać nawet za dwieście milionów ofiar. Ospa tylko w XX wieku zabiła do trzystu milionów ludzi [30], mimo że skuteczna szczepionka – pierwsza w historii świata – istnieje od 1796 roku [31]. Przynajmniej dwadzieścia pięć milionów, a może znacznie więcej, zginęło wskutek pandemii grypy z 1918 roku, tak zwanej hiszpanki [32] – przy tej liczbie kończąca się wówczas I wojna światowa

wydaje się niemal nieistotna. Wirus tamtej grypy zaraził jedną trzecią ludzi na świecie [33]. Pandemia HIV, który wciąż nam towarzyszy i na którego wciąż nie ma szczepionki, zabiła trzydzieści pięć milionów, zainfekowanych zaś było jak dotąd siedemdziesiąt siedem milionów, i każdego dnia ofiar przybywa [34].

Jeśli te liczby wydają się zaskakujące, to dlatego, że o epidemiach rzadko mówi się na lekcjach historii, zapominamy je też szybciej niż katastrofy wojenne albo pogodowe. Niewiele jest pomników stawianych ofiarom zarazy. Historyk Alfred Crosby napisał książkę *America's Forgotten Pandemic*, jedno z najwybitniejszych dzieł o grypie 1918 roku [35]. Jednak do badań tej pandemii skłoniło go tylko przypadkowe spostrzeżenie, że przeciętna długość życia Amerykanów nagle spadła z pięćdziesięciu jeden lat w 1917 roku do trzydziestu dziewięciu lat w 1918 roku, a rok później wróciła do normy [36]. Ten dramatyczny spadek spowodowała hiszpanka.

Zarazki są tak skuteczne jako masowi mordercy, ponieważ same się namnażają. Większość katastrof naturalnych jest ograniczona obszarem – jeśli nie liczyć tych kilku o zasięgu globalnym, o których wspominałem wcześniej, zabijających przez zmianę klimatu całej planety. Trzęsienie ziemi w Chinach nie może bezpośrednio skrzywdzić kogoś w Stanach Zjednoczonych. Każdy pocisk, który zabija kogoś na wojnie, musi zostać wystrzelony i trafić do celu. Kiedy jednak wirus – SARS, grypy albo czegokolwiek innego – zaraża jakiś organizm, to ten staje się komórkową fabryką produkującą więcej wirusów (bakterie we właściwym środowisku namnażają się bez niczyjej pomocy). Objawy spowodowane przez zakaźny patogen – katar, kaszel, krwawienie – pozwalają mu przenieść się na kolejnych żywicieli. Gdy ludzie się przemieszczają – i wchodzą przy tym w interakcje z innymi ludźmi, od uścisku dłoni po stosunek seksualny – zabierają mikroby ze sobą. Nic dziwnego, że armie całego świata od dawna starają

się zrobić z zarazy narzędzie wojny – ani że do niedawna choroby zabijały o wiele więcej żołnierzy niż walka [37]. Zarazek to cudownie opłacalna broń, bo zmienia ofiary w kanały dalszego zakażania.

Jednak mimo kolejnych epidemii, mimo idących w miliony ofiar ospy albo grypy hiszpanki choroby zakaźne nigdy nie groziły ludzkości wyginięciem. Nawet czarna śmierć – prawdopodobnie najbardziej skoncentrowana epidemia wszech czasów – wydaje się dziś tylko małą recesją przerywającą jedynie na moment wieloletnią hossę długoterminowego wzrostu ludzkiej populacji. Podobnie jest w przypadku zwierząt. Światowa Unia Ochrony Przyrody donosi, że spośród ośmiuset trzydziestu trzech przypadków wyginięcia gatunków roślin i zwierząt po 1500 roku mniej niż cztery procent można przypisać chorobom zakaźnym. Gatunki wytępione przez zarazki na ogół były mało liczne i odizolowane na niewielkim obszarze – tymczasem ludzie zarówno są bardzo silni liczebnie, jak i zamieszkują każdy zakątek świata [38].

Z wyjątkiem HIV – który dzisiaj można leczyć jako chroniczne schorzenie za pomocą leków przeciwwirusowych – każda wielka epidemia wspomniana powyżej wybuchła przed nadejściem współczesnej medycyny, przed antybiotykami i masowymi szczepieniami. Ospa prawdziwa została nawet w pełni wyeliminowana w naturze w 1980 roku [39] – jedyne znane próbki jej wirusa są przechowywane w pilnie strzeżonych rządowych placówkach w Atlancie w Stanach Zjednoczonych i Kolcowie w Rosji [40]. Dżuma jest dziś taką rzadkością, że o pojawieniu się jej na przykład na Madagaskarze informują nagłówki w gazetach całego świata – w latach 2010–2015 zmarło na nią mniej niż sześćset osób. Według badań większość ofiar śmiertelnych grypy z 1918 roku spowodowały tak naprawdę powikłania związane z infekcjami bakteryjnymi, które dziś powstrzymałyby antybiotyki [41], te zaś istnieją przecież od mniej niż stu lat. Pandemie grypy

pozostają najstraszniejszym koszmarem specjalistów chorób zakaźnych, ale ostatnia – w 2009 roku – zabiła zaledwie około dwustu osiemdziesięciu czterech tysięcy osób na całym świecie [42]. To mniej niż umiera w przeciętnym roku na grypę sezonową [43].

Współczesna nauka wyrwała kły większości chorób zakaźnych, przynajmniej poza krajami rozwijającymi się, w których zresztą w ostatnich latach też poczyniono olbrzymie postępy. Jednak katastroficzny potencjał naturalnie istniejących chorób ogranicza też po prostu ewolucja. Każdy patogen staje przed dylematem – im szybciej zabija, tym trudniej jest mu się rozprzestrzeniać, ponieważ gdyby był przy tym niezwykle zakaźny, szybko zabrakłoby mu ofiar, a epidemia skończyłaby się w ślepym zaułku. Patogeny wysoce zakaźne – takie jak grypa – rzadko zabijają, nawet bez ochrony nowoczesnej medycyny. Hiszpanka była śmiertelna w dwóch i pół procent przypadków [44]. Jak na grypę to niezwykle dużo, ale wciąż oznacza, że dziewięćdziesięcioro siedmioro na stu pacjentów przeżyło. Nawet w przypadku wirusa takiego jak HIV – zabijającego powoli, przez lata niedającego żadnych objawów, przez co zakażony ma dużo czasu, by podać go dalej – problem stanowi to, że do zarażenia jest potrzebny bezpośredni kontakt z krwią lub płynami ustrojowymi. Zdolność do powielania się, która czyni z chorób zakaźnych tak skuteczną broń, nie pozwala jej też na stanie się zagrożeniem prawdziwie egzystencjalnym. Wirusy i bakterie chcą – o ile można powiedzieć, że pakiety genów albo organizmy jednokomórkowe chcą czegokolwiek – przeżyć i się namnażać. Nie będą w stanie tego zrobić, jeśli zabiją wszystkich ludzi.

Wirusolog i noblista sir Frank Macfarlane Burnet nadmiernie optymistycznie twierdził w 1962 roku, że „pisać o chorobach zakaźnych to prawie jak pisać o czymś, co odeszło już do historii” [45]. Choroby są z nami od zawsze i najpewniej będą na zawsze. Nasza relacja z tymi zakaźnymi jest

intymna, nigdy nie będziemy mieć podobnej z hipotetycznymi supererupcjami, uderzeniami asteroid ani bombami atomowymi. Ale już dziś w bogatych krajach znacznie większe ryzyko dotyczy śmierci na skutek schorzeń niezakaźnych, takich jak zawał serca, rak albo alzheimer, niż przez patogeny, które zbierały takie żniwo wśród naszych przodków. Zwycięstwa nad chorobami zakaźnymi to najlepszy dowód na poprawę warunków życia na naszej planecie.

Nie ma jednak gwarancji, że ta tendencja się utrzyma. Liczba nowych chorób zakaźnych takich jak SARS i HIV wzrosła w ostatnim stuleciu niemal czterokrotnie [46], a liczba ognisk epidemicznych więcej niż potroiła się od 1980 roku [47]. Liczba mieszkańców planety zwiększyła się przez ostatnie pięćdziesiąt lat ponad dwukrotnie [48], co znaczy, że jest więcej ludzi, którzy mogą doznać infekcji, a potem zarażać innych, zwłaszcza w gęsto zaludnionych miastach. Mamy dzisiaj więcej zwierząt hodowlanych niż w ciągu dziesięciu tysięcy lat od pierwszego udomowienia po 1960 rok [49]. Jak dowiódł SARS, silnie połączona globalna gospodarka z długimi łańcuchami zaopatrzenia jest wyjątkowo narażona na zakłócenia wywołane chorobami zakaźnymi, nawet względnie mało śmiertelnymi. Ten stan połączenia – zdolność dotarcia z wirusem w bagażu podręcznym do niemal dowolnego punktu na kuli ziemskiej w ciągu dwudziestu czterech godzin – pozwala na rozwój chorób, które w przeszłości pewnie by wymarły. Antybiotyki ocaliły setki milionów istnień od czasu przypadkowego odkrycia penicyliny w 1928 roku, jednak bakterie z każdym rokiem stają się na nie coraz odporniejsze – lekarze uważają to za jedno z największych zagrożeń dla zdrowia publicznego na świecie. Według badania przeprowadzonego w 2018 roku każdego roku tylko w Europie z powodu infekcji opornych na antybiotyki umierają trzydzieści trzy tysiące ludzi [50]. „Antybiotykowa apokalipsa”, jak

nazwała ją naczelna lekarz Anglii Sally Davies [51], grozi nam powrotem do czasów, gdy nawet najzwyklejsza infekcja mogła zabić.

Pomimo sukcesów w walce z chorobami zakaźnymi nasz rozwój uczynił nas bardziej, a nie mniej narażonymi na ataki mikrobów ewoluujących czterdzieści milionów razy szybciej od nas [52]. Analiza przeprowadzona przez Bank Światowy wykazała, że poważna pandemia grypy, podobna do tej z 1918 roku, mogłaby kosztować naszą znacznie większą i mocniej połączoną światową gospodarkę około czterech bilionów dolarów, czyli prawie całe PKB Japonii [53], a zdaniem niektórych ekspertów zginęłyby w niej setki milionów ludzi [54]. WHO, która bardzo skutecznie poradziła sobie z SARS, pokierowała walką z nowszymi ogniskami epidemicznymi tak źle, że część specjalistów zaczęła proponować generalną reformę organizacji. Zmiany klimatu powiększają obszary występowania przenoszących choroby zwierząt i owadów, takich jak komar *Aedes aegypti*, odpowiedzialny za roznoszenie wirusa zika. Przeszkadza nawet ludzka psychologia: szerzący się sceptycyzm w kwestii szczepień przyniósł ze sobą zmartwychwstanie dawno pokonanych chorób takich jak odra, skłaniając WHO do uznania w 2019 roku ruchu antyszczepionkowego za jedno z dziesięciu największych zagrożeń dla zdrowia publicznego na świecie [55].

Doktor Peter Piot jest dyrektorem Londyńskiej Szkoły Higieny i Medycyny Tropikalnej. W 1976 roku pomógł odkryć wirusa ebola. Wraz ze swoją ekipą wędrował z jednej odciętej od świata wioski w dzisiejszej Demokratycznej Republice Konga do drugiej, ryzykując wszystko, by prześledzić pierwsze znane ognisko epidemiczne tej choroby. Na własne oczy widział najgorsze rzeczy, które potrafi nam zrobić biologia – i martwi się tym, co może nadejść.

– Stawiamy dziś czoła globalizacji ryzyka chorób zakaźnych – powiedział mi w 2017 roku. – W przyszłości ryzyko to będzie się tylko zwięk-

szać. Taka jest rzeczywistość.

Najlepszym wyjaśnieniem, dlaczego tak jest, będzie powrót do tego, co się stało – a także do tego, czemu tylko ledwie udało się zapobiec – gdy w zglobalizowanym świecie 2014 roku wybuchła epidemia eboli.

Naukowcy sądzili, że znają ebolę. Podobnie jak SARS, wirus najpewniej wykształcił się u nietoperzy – choć badacze jeszcze nie ustalili, jakiego dokładnie gatunku – i od czasu do czasu przeskakiwał na ludzi w odizolowanych wiejskich społecznościach środkowej Afryki. Kiedy mu się to udawało, zabijał, i to straszliwie – przez palącą gorączkę, duszność, wymioty, biegunkę, wreszcie krwotoki, czasem nawet z białek oczu. Choroba przebiegała jednak tak szybko i w tak odległych od reszty cywilizacji miejscach, że w ogniskach epidemicznych wkrótce kończyły się ofiary. Międzynarodowe ekipy medyczne w szczelnych kombinezonach przyjeżdżały, by ograniczyć rozprzestrzenianie się wirusa. Ebola to medyczny koszmar, nie tyle choroba, ile potwór z horrorów takich jak film *Epidemia* z 1995 roku. Ale czy był zagrożeniem dla zdrowia na skalę światową? Nie.

Zaczęło się to zmieniać w grudniu 2013 roku, gdy dwuletni chłopiec w wiosce Meliandou w zachodnioafrykańskiej Gwinei zachorował na ebolę. Pierwszym zaskoczeniem było miejsce: Gwinea leży równie daleko od środkowoafrykańskiego matecznika wirusa, co Las Vegas od Nowego Jorku. Równie niespodziewane było dalsze rozprzestrzenianie się choroby, której udało się wyrwać z wiosek, gdzie z reguły ją odkrywano, by ruszyć w dalszą drogę po zachodniej Afryce. Pojawiła się w milionowych stolicach Gwinei i Liberii – Konakry i Monrowii. Ebola w mieście, gdzie mogła ucztować na niezliczonych ludzkich organizmach – to była suma wszystkich strachów. I właśnie to działo się na początku 2014 roku.

Wiele miesięcy później, gdy naukowcy szukali źródła epidemii, zastanawiali się, czy wirus się zmienił, czy zmutował, by stać się bardziej zakaźny. Ale nic takiego nie zaszło – zmieniła się Afryka. Rozwój gospodarczy i rozbudowa infrastruktury, w tym tysiące kilometrów dróg położone przez chińskich inwestorów [56], przerzedziły gęste puszcze, które niegdyś izolowały zarówno wirusa, jak i jego ofiary. Wylesienie wypędziło z siedlisk zwierzęta roznoszące ebolę, co uczyniło kontakt z ludźmi – a zatem nowe zarażenia, na przykład tego pierwszego chorego chłopca z Meliandou – znacznie bardziej prawdopodobnym (według jednego z badań wylesienie przyczyniło się do trzydziestu jeden procent ognisk epidemicznych, w tym eboli i ziki) [57]. Drogi zbudowane dla ciężarówek i drwali ułatwiają też mieszkańcom wsi przeprowadzki do rosnących miast Afryki, do których przynoszą ze sobą patogeny z puszczy.

Widziałem to na własne oczy, gdy pojechałem napisać reportaż z Afryki Środkowej w lipcu 2011 roku. Mieszkańcy tego regionu, podobnie jak wiejskich terenów reszty kontynentu, od dawna uzupełniają swoją dietę białkiem upolowanych dzikich zwierząt – jeżozwierzy, małych antylop dikdik, a nawet małp. Zbiorczo nazywa się je mięsem z buszu, a apetyt na nie wzrasta, bo nawet najbiedniejsi Afrykańczycy stali się bogatsi, a nowe drogi pozwalają myśliwym zapuszczać się coraz dalej w dżunglę. Gdy upalnego lipcowego dnia wyjeżdżałem z Jaunde, stolicy Kamerunu, widziałem przy drodze jedno stoisko sprzedające dziczyznę za drugim.

Łapanie i zarzynanie dzikich zwierząt to krwawy proces, zarówno dla myśliwego, jak i dla ofiary, co pozwala wirusom swobodnie przechodzić z jednego na drugie. W pewnej małej wsi miałem okazję posłuchać urzędnika kameruńskiej służby zdrowia, który przestrzegał miejscowych przed niebezpieczeństwem jedzenia mięsa z buszu. Potem wszedłem do chaty, w której kobieta właśnie przygotowywała ze swoim synem świeżego jeżo-

zwierza. Najpierw go oskórowali, a potem ugotowali, żeby odpadły kolce. Kiedy mięso było już różowe, kobieta zaczęła rozgrzebywać brzuch zwierzęcia maczetą, by wyciągnąć żółte połyskujące wnętrzności. Krew lała się szerokim strumieniem, gdy ćwiartowała zewłok i ugniatała mięso gołymi rękoma. Było to spotkanie z innym gatunkiem, mikrobiologicznie bliższe niż seks, a zatem odpowiednio ryzykowne medycznie [58]. Pomnóżmy to tysiąc razy każdego dnia – gdy przy każdej okazji ze zwierzęcia może przeskoczyć na człowieka niebezpieczny wirus – i szybko stanie się jasne, że epidemia eboli była nieunikniona.

Pod koniec lipca 2014 roku wirus pojawił się już w stolicach Gwinei, Liberii i Sierra Leone. Zachorowało ponad tysiąc dwieście osób, była to zatem największa epidemia eboli w dziejach. Nie znano żadnej metody leczenia poza podawaniem płynów oraz podtrzymywaniem natlenienia organizmu. Lekarze robili wszystko, by odizolować chorych i zapobiec roznoszeniu choroby do czasu opanowania zarazy. Strategia ta działa jednak tylko na słabo zaludnionych obszarach, na których wirus uderzał do tamtej pory. Nie dało się za jej pomocą kontrolować go w mieście. Brakowało izolatek, lekarzy, pielęgniarek. Miejscowy personel medyczny często zapadał na chorobę w pierwszej kolejności, a jednocześnie spotykał go ostracyzm ze strony społeczności, nietolerującej pracy z chorymi na ebolę. Miejscowa kultura powodowała całkiem niespodziewane problemy – dopiero po kilku miesiącach badacze zorientowali się, że tradycyjne obyczaje pogrzebowe, których częścią było mycie zwłok przez krewnych, dawały wirusowi przystęp do rzeszy potencjalnych żywicieli [59]. Niczego nie udało się wcześniej przewidzieć, a rezultatem była katastrofa, która kosztowała życie przeszło dziesięciu tysięcy ludzi – niewiele przy tym brakowało, by okazała się o wiele, wiele groźniejsza.

Doktor Tom Frieden był za prezydentury Baracka Obamy dyrektorem Centrów Kontroli i Zapobiegania Chorobom (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) przez 2783 dni [60] – najbardziej przerażający z nich okazał się 23 lipca 2014 roku [61]. Tego dnia Frieden otrzymał wiadomość, że pewien mężczyzna zmarł na ebolę w nigeryjskiej metropolii Lagos. Do tamtej pory epidemia była straszna, to jednak oznaczało zagrożenie na zupełnie innym poziomie. Lagos jest największym miastem Afryki, mieszka w nim tylu ludzi, ilu w Gwinei, Liberii i Sierra Leone razem wziętych. O ile tamte kraje leżały raczej na uboczu, Lagos to wielki ośrodek międzynarodowego ruchu lotniczego.

– To był moment maksymalnej grozy – mówi mi Frieden. – Gdyby epidemia całkiem wymknęła się spod kontroli w Lagos, mogłaby roznieść się po Nigerii i reszcie Afryki. Mogłaby potem trwać miesiącami albo i latami. Mogłaby trwać do dziś.

Reakcja rządu Nigerii była na początku ospała, ale zmieniło się to, kiedy Frieden wysłał do Lagos specjalistów z CDC, którzy mieli tam pracować wraz z grupą nigeryjskich weteranów międzynarodowej kampanii przeciwko polio. Władze ochrony zdrowia śledziły setki możliwych przypadków eboli, dzięki czemu były w stanie potwierdzić i wyizolować kolejnych dziewiętnaście zachorowań [62] powiązanych z pierwszą ofiarą. W ten sposób zahamowały łańcuch zakażeń i powstrzymały wirus przed zdobyciem przyczółka w najludniejszym państwie Afryki. Dziś Frieden myśli jednak tylko o tym, jakie mieliśmy wtedy szczęście – i że nie zawsze może tak być w przyszłości.

– Wystarczyłoby kilka dni, by ebola uzyskała skalę, której nie moglibyśmy szybko opanować – stwierdza. – To dowodzi, jak niewiele dzieli nas od katastrofy.

Mimo wszystko Friedenowi i CDC nie udało się powstrzymać eboli przed dotarciem do Stanów Zjednoczonych. W połowie września Liberyjczyk Thomas Eric Duncan zaraził się nią w ojczyźnie, a potem poleciał do Dallas odwiedzić rodzinę. Zmarł w październiku w Szpitalu Prezbiteriańskim Texas Health, wcześniej jednak zaraził dwie pielęgniarki – Ninę Pham i Amber Vinson. Był to pierwszy raz, gdy doszło do zakażenia ebolą na terytorium USA. Pham i Vinson trafiły do specjalnie przygotowanych izolatek.

Przypadki w kraju nagle urealniły ebolę w oczach Amerykanów, wywołując publiczną panikę, pogorszoną jeszcze przez medialną sensację. Sam miałem bliski kontakt z tą histerią. Któregoś wieczoru w tamtym miesiącu wystąpiłem w programie *The Last Word with Lawrence O'Donnell* w telewizji MSNBC. Miał to być krótki segment, w którym omówilibyśmy, jak wyglądały doniesienia „Time" o eboli. Ale zamiast tego program przez godzinę pokazywał transmisję przejazdu karetki Niny Pham z lotniska do rządowego szpitala w Bethesdzie w stanie Maryland – widzieliśmy każdy kilometr tego powolnego kursu. W tym samym czasie desperacko próbowałem przypomnieć sobie cokolwiek ciekawego, co mógłbym powiedzieć na żywo w telewizji o sytuacji, której nikt z nas w pełni nie rozumiał. To było jak ten koszmar, w którym przychodzimy na egzamin bez spodni.

Na szczęście Pham i Vinson wróciły do zdrowia, a amerykańskie ognisko eboli wygasło razem z ich wyzdrowieniem – jeśli nie liczyć paru izolowanych przypadków przywiezionych z Afryki. Gdyby jednak tak się nie stało, to czy nawet nasza służba zdrowia za 2,9 biliona dolarów [63] byłaby w stanie powstrzymać zagładę?

Na początku epidemii eboli w Stanach Zjednoczonych istniały tylko trzy oddziały izolacji biologicznej zdolne leczyć pacjentów takich jak Pham i Vinson: Centrum Medyczne Uniwersytetu Nebraski, Narodowe Instytuty

Zdrowia w Bethesdzie (NIH) oraz Szpital Uniwersytetu Emory w Atlancie. W 2018 roku w kraju było już pięćdziesiąt takich placówek, jednak i tak miały w sumie miejsca tylko dla stu czterdziestu czterech pacjentów[64]. W 2014 roku amerykański rząd musiał sobie poradzić z zaledwie dziesięcioma przypadkami eboli. Mimo to samo badanie otoczenia i kwarantanna dla chorych kosztowały sto dziewiętnaście milionów dolarów. W przypadku epidemii o większym zasięgu – na przykład choroby bardziej zaraźliwej od eboli – skala reakcji nie dałaby się łatwo zwiększyć.

Nowe oddziały izolacji biologicznej zbudowano za miliardy dolarów przeznaczone przez Kongres na przeciwdziałanie chorobom zakaźnym po epidemii eboli. Fundusze te przydzielono jednak tylko do 2020 roku, a to znaczy, że wsparcie finansowe może po prostu nagle zniknąć. Budżet Programu Pogotowia Kryzysowego Zdrowia Publicznego (Public Health Emergency Preparedness Program), wspierającego stanowe i lokalne piony ochrony zdrowia w monitorowaniu chorób zakaźnych i szkoleniu epidemiologów, jest dziś o ponad jedną trzecią mniejszy niż w najlepszym 2002 roku, gdy wynosił dziewięćset czterdzieści milionów dolarów. Systemy ochrony zdrowia na szczeblu lokalnym zlikwidowały przeszło pięćdziesiąt pięć tysięcy etatów. Ludzie ci byliby w przypadku epidemii na pierwszej linii frontu, zwalniać ich w takiej masie to jak zwolnić piechurów przed inwazją. Globalny Program Bezpieczeństwa Zdrowia (Global Health Security Agenda) prowadzony przez CDC – międzynarodowy projekt, którego celem jest powstrzymywanie epidemii w miejscu wystąpienia, nim dotrze do Stanów Zjednoczonych, tak jak to było w przypadku eboli w Nigerii – dotknęły dramatyczne cięcia funduszy. W 2018 roku CDC ogłosiły, że w trzydziestu dziewięciu z czterdziestu dziewięciu krajów będzie musiało ograniczyć działalność albo całkiem z niej zrezygnować[65]. W maju 2018 roku szef globalnej ochrony zdrowia w Radzie Bezpieczeństwa Narodo-

wego przy Białym Domu złożył dymisję, bo jego wydział właściwie został zamknięty [66].

Epidemia choroby zakaźnej jest niezrównanym testem zdolności szefa rządu. Administracja Obamy musiała sobie poradzić z trzema poważnymi przypadkami: pandemią grypy H1N1 w 2009 roku, ebolą w 2014 roku oraz ziką w 2016 roku. W każdej z tych sytuacji prezydent blisko współpracował z szanowanymi ekspertami – Friedenem z CDC, doktorem Anthonym Faucim z Narodowych Instytutów Zdrowia oraz Kathleen Sebelius z Departamentu Zdrowia i Opieki Społecznej (Health and Human Services, HHS) – by dokładnie określić, w jaki sposób rząd zwalczy chorobę, jednocześnie uspokajając panikujące społeczeństwo. Były problemy, które dałoby się rozwiązać lepiej albo szybciej, bo zawsze są. Ogółem jednak praca szefa krajowego sztabu epidemiologicznego chyba dobrze pasowała do temperamentu Obamy, jego zdolności do wyciszenia szumu otoczenia i skupienia się na najważniejszych celach. Jego poprzednik George W. Bush dobrze poradził sobie z epidemią SARS i osobiście wywalczył miliardy na finansowanie walki z HIV i AIDS na całym świecie [67].

Donald Trump raczej nie daje powodów do zaufania, że potrafiłby postępować podobnie. Podczas epidemii eboli w 2014 roku – kiedy jeszcze nie był nawet kandydatem na prezydenta – proponował, by zakazać powrotu do kraju amerykańskim lekarzom, którzy zarazili się wirusem [68]. Bez żadnych dowodów przestrzegał na Twitterze, że „ebola przenosi się znacznie łatwiej, niż przyznają CDC i przedstawiciele rządu” [69]. Jako prezydent kieruje rządem pozbawionym specjalistów w dziedzinie zdrowotności. Pierwsza nominowana przez niego dyrektor CDC doktor Brenda Fitzgerald została zmuszona do dymisji w związku ze swoimi inwestycjami w firmy z branży tytoniowej [70], a pierwszy sekretarz HHS doktor Tom Price ustąpił, gdy udowodniono mu loty czarterowe na koszt podatnika [71]. Trump nominował

doradcę do spraw naukowych dopiero półtora roku po objęciu urzędu. Pierwszym sekretarzem do spraw energetyki nominowanym przez Obamę został doktor Steven Chu, noblista z dziedziny fizyki. Sekretarzem do spraw energetyki Trumpa jest były gubernator Teksasu Rick Perry, o którym możemy najwyżej powiedzieć, że nosi okulary.

Wszystko to świadczy o tym, że Trump nie ma ani podwładnych, ani temperamentu, które pozwoliłyby mu przeprowadzić Stany Zjednoczone przez epidemię choroby zakaźnej – tak samo jak dowiódł, że nie nadaje się do kontrolowania kodów odpalających rakiety atomowe i że stanowi wielką przeszkodę w walce ze zmianami klimatu. Jest jednak coś jeszcze, co czyni Trumpa wyjątkowo niebezpiecznym w przypadku pojawienia się nowego patogenu. Zdrowie publiczne opiera się na fundamencie publicznego zaufania – zaufania, że często przecież niepewne fakty dotyczące epidemii są podawane w dobrej wierze, a lekarze i rząd wiedzą, co robią. Cokolwiek by Państwo myśleli o Donaldzie Trumpie jako prezydencie, nie da się nie zauważyć, że raz po raz podkopywał zaufanie do własnego rządu – spierając się z szefami swojego wywiadu co do wpływu rosyjskich hakerów na wybory albo morderstw popełnionych przez władze Arabii Saudyjskiej oraz cenzurując wyniki badań prowadzonych przez podległe mu agencje [72]. Taki napadowy obstrukcjonizm przyniósł już wiele złego. Jeśli prezydent podczas epidemii wdałby się w twitterową wojenkę z rządowymi lekarzami, ktoś zapłaciłby za to życiem.

Obraz Trumpa albo kogoś podobnego zarządzającego odpowiedzią na następną falę SARS albo eboli jest bardzo niepokojący, jednak nawet o wiele zdolniejsi przywódcy mieliby problem z powstrzymaniem rozprzestrzeniania się nowej choroby zakaźnej. Weźmy szczepienia – jeden z najważniejszych powodów, dla których nasze ryzyko śmierci przez takie schorzenia jest znacznie mniejsze niż naszych prapradziadków. Połowa XX

wieku była złotym wiekiem szczepionek. Bohaterowie nauki tacy jak Jonas Salk opracowywali środki chroniące przed zabójczymi chorobami, w tym polio i ospą. Dzisiaj światowy rynek farmaceutyczny jest wart przeszło bilion dolarów, ale szczepionki to zaledwie dwa–trzy procent tej sumy [73]. Ponieważ opracowanie i testy nowego środka tego typu mogą potrwać latami i kosztować miliardy [74] – a ponadto podobne próby kończą się niepowodzeniem w dziewięćdziesięciu czterech procentach przypadków [75] – producenci leków podejmują się tego raczej niechętnie.

Ebola to dobry przykład. Prace nad szczepionką podjęto wiele lat przed pandemią w Afryce Zachodniej, były jednak na bardzo wczesnym etapie rozwoju; z punktu widzenia biznesu nie ma wielkiego sensu inwestować w środek zapobiegający rzadkiej chorobie, wówczas na dodatek grożącej jedynie krajom rozwijającym się. Stały zatem w miejscu. Wybuch zarazy w 2014 roku skłonił międzynarodowe organizacje ochrony zdrowia do przyspieszenia badań, jednak chorobę udało się opanować [76], nim uzyskano ich wyniki. Po zakończeniu kryzysu część zaangażowanych w nie firm zaczęła się skarżyć, że wydała miliony na produkt, którego nikt już nie chce kupić.

– Szczepionki to wielkie wyzwanie z rynkowego punktu widzenia – mówi Trevor Mundel, prezes działu światowej ochrony zdrowia w Fundacji Gatesów. – Nie istnieją zachęty dla firm, by produkowały szczepionkę na pandemie, która potem będzie leżeć na półce.

Żadna choroba nie ilustruje tego dylematu lepiej niż grypa. Rynek szczepień na grypę sezonową prężnie się rozwija, dzięki czemu każdego roku pozwala zapobiec tysiącom hospitalizacji i milionom zachorowań [77]. Ale samej szczepionce daleko do perfekcji. Ta przygotowana na sezon 2017–2018 była skuteczna tylko w trzydziestu sześciu procentach przypadków – to jeszcze mniej niż w przeciętnym roku [78]. Wirusy grypy mutują cały czas,

a zatem co roku trzeba opracować i wyprodukować nową szczepionkę, dopasowaną do najnowszej wersji wirusa. Od stworzenia w laboratorium stosownej kandydatki do chwili, gdy lekarz może napełnić nią strzykawkę w swoim gabinecie, mijają całe miesiące. Zaangażowani w projekt naukowcy muszą przewidzieć, jaki szczep wirusa będzie w obiegu za dziewięć miesięcy, gdy wreszcie przygotują ją do stosowania. Czasami się mylą – tak jak w sezonie 2017–2018, gdy liczba hospitalizacji związanych z grypą biła w Stanach Zjednoczonych rekordy [79].

Źle dopasowana szczepionka jest irytująca, jeśli prowadzi do ostrej sezonowej grypy. W przypadku poważnej pandemii byłaby jednak zabójcza. Ze wszystkich scenariuszy to właśnie takiej zarazy eksperci od chorób zakaźnych obawiają się najbardziej – jak mówi doktor Frieden, grypa to dla nich „numer jeden” [80]. Ludzie mają małą albo zerową odporność na nowe szczepy grypy, więc szybko rozprzestrzeniają się one po świecie. Setki milionów chorują, a jeśli jest to odmiana wyjątkowo niebezpieczna, dziesiątki milionów umierają. Było tak podczas pandemii hiszpanki, która pozostaje obrazem tego, co globalna epidemia może zrobić nowoczesnemu światu. Od 1918 roku mieliśmy jeszcze trzy pandemie grypy. Naukowcy wiedzą, że kolejne są nieuniknione.

W 1918 roku nie było szczepionek na grypę, w przeciwieństwie do 2009 roku, kiedy nowy szczep przeskoczył w Meksyku ze świń na ludzi. Mimo że władze i branża farmaceutyczna podjęły próbę jak najszybszego opracowania nowej szczepionki, pierwsze dawki trafiły do szpitali dopiero po dwudziestu sześciu tygodniach, a żeby wystarczyło dla każdego Amerykanina, trzeba było czterdziestu ośmiu tygodni [81]. Do tego czasu pandemia zdążyłaby się już skończyć [82]. Wirus działa szybciej od nas.

Moglibyśmy go dogonić, gdybyśmy stworzyli „uniwersalną” szczepionkę przeciw grypie. Te przeznaczone do zwalczania grypy sezonowej

skupiają się na łatwych do namierzenia częściach kodu genetycznego wirusa. Mutują one jednak bez przerwy – właśnie dlatego szczepionki mają krótki termin przydatności. Kandydatki do tytułu szczepionki uniwersalnej celują w te elementy bakcyla, które pozostają niezmienne między szczepami. Gdyby im się udało, jeden zastrzyk mógłby dawać ochronę na wiele lat albo nawet całe życie, także przed nowymi odmianami. To wielkie naukowe wyzwanie – na konferencji na temat uniwersalnych szczepionek przeciwko grypie w 2018 roku jeden z ekspertów stwierdził, że dziedzina stoi w zasadzie w tym samym miejscu co w latach sześćdziesiątych [83]. Ale przeznaczamy na ten cel zaledwie sto sześćdziesiąt milionów dolarów rocznie – dla porównania prace nad szczepionką na HIV otrzymują ponad miliard [84]. Nie twierdzę, że powinniśmy wydawać mniej na lek zdolny powstrzymać chorobę równie groźną jak AIDS, który zabił już dziesiątki milionów, jednak poważna pandemia grypy mogłaby wyrządzić naszej planecie znacznie poważniejsze szkody. Mimo to nie traktujemy jej dość poważnie, by odpowiednio sfinansować prace nad jedynym narzędziem, które mogłoby wyeliminować ryzyko pandemii grypy w ogóle.

Ponieważ raczej nie będziemy mieli gotowej szczepionki do obrony przed następną pandemią, musimy nauczyć się powstrzymywać ogniska, nim wymkną się spod kontroli. Przykład eboli ukazuje jednak, jak dziurawy jest światowy system reakcji na taki kryzys. Działania WHO były o wiele za wolne. Agencja ogłosiła, że ebola w zachodniej Afryce jest zdarzeniem o charakterze nadzwyczajnym w obszarze zdrowia publicznego (to najwyższa klasyfikacja alarmowa WHO) dopiero 8 sierpnia 2014 roku, gdy odnotowano już 1,7 tysiąca przypadków [85]. Nie była też jak dotąd w stanie opanować nowej epidemii eboli, która wybuchła w Demokratycznej Republice Konga w 2018 roku i do marca 2019 roku przekroczyła tysiąc przypadków, oficjalnie stając się drugą największą pandemią tego wirusa w historii [86].

Ale wymagamy od WHO znacznie więcej, niż może osiągnąć za pomocą dostępnych zasobów. Budżet agencji odpowiedzialnej za zdrowie całego świata wynosi zaledwie 2,2 miliarda dolarów rocznie – tyle co jednego dużego amerykańskiego szpitala.

Zgodnie ze światowymi standardami WHO system opieki zdrowotnej w USA jest solidny – nie znaczy to jednak, że gotowy na poważną pandemię. W przeciwieństwie do innych katastrof naturalnych, z reguły ograniczonych do jednego miejsca lub regionu, zarazy mogą uderzyć jednocześnie niemal wszędzie na świecie. Szpitale, które normalnie mają dość łóżek i respiratorów, nie mogłyby obsłużyć tłumów pacjentów, a ponieważ sąsiednie placówki byłyby w takiej samej sytuacji, nie miałyby do kogo zwrócić się o pomoc. Globalny system gospodarczy, uzależniony od dostaw na czas podstawowych części oraz od długich międzynarodowych łańcuchów zaopatrzenia, w przypadku długotrwałej epidemii padłby na kolana. Dotyczy to także branży medycznej – wiele leków, które utrzymują amerykańskich pacjentów przy życiu, produkuje się poza granicami USA. Jeśli zachorują policjanci i urzędnicy, następną ofiarą może być bezpieczeństwo publiczne. „Choć pandemia jest »działaniem natury«, znacznie bardziej przypomina wojnę – pisze specjalista od zdrowia publicznego Michael Osterholm w książce *Deadliest Enemy* z 2017 roku. – Podobnie jak na wojnie każdego dnia pandemii dokonują się coraz większe zniszczenia, zatem nie ma czasu na odbudowę” [87].

Choroby zakaźne stoją na przecięciu kryzysów naturalnych i stworzonych przez człowieka. Patogeny istniały w naszym życiu od zawsze – trąd jest chroniczną infekcją wywoływaną przez bakterię *Mycobacterium leprae* i prześladuje ludzkość od zarania dziejów cywilizacji [88] – ale nasza infrastruktura, nasze decyzje, nasz klimat i nasi przywódcy mają wpływ na to, jak będzie przebiegać zaraza. Stworzyliśmy świat, w którym nowy wirus

ma znacznie więcej okazji do przeskoczenia ze zwierząt na ludzi, a potem w dowolne miejsce na kuli ziemskiej. Właśnie dlatego wzrasta liczba nowych chorób i epidemii. Zglobalizowana, połączona planeta zamieszkana przez przeszło siedem miliardów ludzi to dla wirusów bankiet. Bill Gates – który po odejściu z Microsoftu poświęcił się walce z chorobami zakaźnymi – powiedział w 2015 roku na konferencji TED coś, co mnie uderzyło: „Gdy byłem dzieckiem, najbardziej przerażającą katastrofą była wojna atomowa – dziś jednak – jeśli coś zabije w ciągu następnych kilku dziesięcioleci ponad dziesięć milionów ludzi, to najprawdopodobniej bardzo zaraźliwy wirus, a nie wojna. Nie rakiety, ale mikroby” [89].

* * *

Choć pandemie są przerażające, wiemy, jak rozwiązać problem chorób – w przeciwieństwie do globalnego ocieplenia, w którego przypadku nie mamy pojęcia, albo wojny atomowej, w której przypadku nie mamy chęci. Egzystencjalne zagrożenia ze strony nowych technologii – takich jak sztuczna inteligencja – stawiają przed nami znaki zapytania, ale walka z zarazami ma długą historię, która pokazuje, że wygrywamy. Przekonałem się o tym w deszczowy bostoński poranek w 2018 roku, gdy odwiedziłem doktora Marca Lipsitcha w jego gabinecie w Szkole Zdrowia Publicznego imienia T. H. Chana przy Uniwersytecie Harvarda.

Lipsitch jest jednym z najbardziej wpływowych epidemiologów w Stanach Zjednoczonych. Uważa, że pandemie mogą wywołać prawdziwie globalną katastrofę, i traktuje to ryzyko poważnie – właśnie dlatego pojechałem się z nim spotkać. Tamtego ranka pokazał mi jednak coś, czego się nie spodziewałem – wykres umieralności na choroby zakaźne w Stanach Zjednoczonych w ciągu XX wieku. Pokazuje go na zajęciach z epidemiologii. Na wykresie widać drastyczny spadek – od około ośmiuset zgonów na sto

tysięcy ludzi w 1900 roku do około sześćdziesięciu pod koniec wieku. W 1918 roku idzie na chwilę ostro w górę – to hiszpanka – a w latach osiemdziesiątych, u szczytu epidemii AIDS, daje się zauważyć niewielki tymczasowy wzrost. Jak jednak mówi Lipsitch:

– Umieralność na choroby zakaźne spadała przez cały XX wiek o niemal jeden procent rocznie, o mniej więcej 0,8 procent rocznie.

Z początku zakładałem, że na wykresie widać dowód sukcesu szczepionek i antybiotyków. To prawda, ale Lipsitch zwrócił uwagę, że spadek umieralności zaczął się na wiele lat przed szczepieniami na wściekliznę, dur brzuszny czy żółtą febrę oraz kilka dziesięcioleci przed pierwszymi antybiotykami. Choć amerykańskie miasta pękały w szwach od imigrantów, którzy mogli przecież być nosicielami zarazy – liczba mieszkańców Nowego Jorku w 1900 roku wynosiła już 3,4 miliona, a w ciągu następnych dwudziestu lat miała wzrosnąć jeszcze o dwa miliony – liczba osób umierających na choroby zakaźne zaczynała spadać [90]. Co się zatem stało?

Istnieje teoria, że wprowadzenie filtracji i oczyszczania wody w miastach wyeliminowało zagrożenie chorobami roznoszonymi tą drogą, takimi jak dur i cholera, które przez wiele lat prześladowały mieszkańców dużych ośrodków. Według innego poglądu ludzie zwyczajnie zrobili się zdrowsi – lepiej wyżywieni, twardsi, bogatsi – a więc mają większe szanse przetrwać różnego typu infekcje. Jeśli taka tendencja się utrzyma, w kolejnych dziesięcioleciach będziemy jeszcze odporniejsi.

– Uważam, że istnieją bardzo, bardzo duże zagrożenia – oznajmia Lipsitch. – Ale nie sądzę, żeby choroby zakaźne naprawdę były niebezpieczeństwem egzystencjalnym.

Nawet grypa 1918 roku, szalejąca przed wynalezieniem szczepionek i antybiotyków, z czasem stawała się coraz mniej zabójcza – dokładnie tak jak spodziewaliby się biolodzy ewolucyjni. Paul Ewald, szef programu

medycyny ewolucyjnej na Uniwersytecie Louisville, mówi mi, że „szczególnie wredne” odmiany wirusa grypy pojawiły się w zatłoczonych, brudnych okopach oraz bazach wojskowych walczącej Europy. Okropne, nietypowe warunki, jakie tam panowały – nagłe, ale tymczasowe odejście od coraz bardziej higienicznych standardów XX stulecia – oznaczały, że nawet jeśli patogen zabił kogoś w jeden dzień, co zdarzało się czasem tamtej grypie, nadal mógł zarażać inne ofiary bez szczególnego problemu, tak jak pożarowi łatwiej pochłonąć suchy las w upalne dni.

– Ale gdy grypa rozeszła się po świecie, szybko zaczęła ewoluować i stawać się łagodniejsza – wyjaśnia Ewald. – A te łagodniejsze szczepy wygrały w ewolucyjnych zawodach.

Ewald twierdzi, że ewolucja faworyzuje choroby zdolne łatwo się rozprzestrzeniać, a w obecnych warunkach – zwłaszcza jeśli wziąć pod uwagę czystszą wodę i wysoki ogólny poziom higieny – oznacza to te łagodniejsze. Wirus grypy zabijający człowieka w jeden dzień ma ograniczoną zdolność do tego, by się rozprzestrzeniać – chyba że w środowisku równie ekstremalnym i nietypowym, co okopy I wojny światowej – a zatem przegrywa z łagodniejszą wersją, która powoduje tylko, że wolelibyśmy umrzeć.

– Właśnie dlatego nigdy więcej nie widzieliśmy takiej zjadliwości u wirusów grypy – mówi Ewald. – Gdyby nowy wirus jakimś cudem okazał się zarazem bardzo niebezpieczny i bardzo zaraźliwy, mógłby utrzymać obie te cechy tylko dopóty, dopóki byłby w stanie w łatwy sposób zarażać ludzi wokół nosicieli. A w naturze zdarza się to rzadko.

Dzięki nowym osiągnięciom biotechnologii natura staje się jednak coraz bardziej podporządkowana człowiekowi. A to zmienia wszystko.

6

Biotechnologia

Morderca na wymiar

W zaciemnionej sali balowej hotelu Mandarin Oriental w Waszyngtonie najwybitniejsze rządowe umysły rozprawiają, jak powstrzymać koniec świata. To część całodziennej symulacji zorganizowanej przez Johns Hopkins Center for Health Security, akademicką organizację *non profit* skupiającą się na bezpieczeństwie bakteriologicznym. Uczestnicy – wśród nich były przewodniczący Partii Demokratycznej w Senacie Tom Daschle oraz doktor Julie Geberding, która kierowała CDC podczas epidemii SARS – odgrywają doradców prezydenta, próbujących powstrzymać rozprzestrzenianie się nowego fikcyjnego wirusa. Scenariusz został szczegółowo opracowany przez specjalistów z dziedziny chorób zakaźnych. Informacje przekazuje „sztabowi kryzysowemu" pracownik Johns Hopkins wcielający się w doradcę do spraw bezpieczeństwa narodowego, a telewizor w sali balowej odtwarza „program informacyjny". Może się wydawać, że to waszyngtońska zabawa na niby, ale podobne symulacje dają członkom władz bezcenną okazję sprawdzenia, jak zadziała program odpowiedzi na bezprecedensowe kryzysy – takie jak globalna pandemia, która właśnie ma uderzyć.

Epidemia zaczyna się, gdy grupy mieszkańców Niemiec i Wenezueli zapadają na chorobę o nieznanej przyczynie. Niepokój czynników rządowych tylko przybiera na sile, kiedy ogniska zarazy pojawiają się w nowych krajach, w tym w Stanach Zjednoczonych. Podobnie jak w przypadku SARS naukowcom szybko udaje się zidentyfikować tajemniczy wirus

leżący u podłoża epidemii. Otrzymuje on nazwę grypy rzekomej kladu X, wskazującą, że należy do nieznanego dotychczas kladu (czyli gałęzi) rodziny wirusów paragrypy. To zaskakujące wieści – bakcyle z tej grupy rzadko powodują cokolwiek poważniejszego od zwykłego przeziębienia, a jednak klad X zaraża równie skutecznie co grypa i zabija na początku ponad dziesięć procent chorych. Jest odporny na istniejące leki przeciwwirusowe i szczepionki. Nie ma skutecznej metody leczenia.

Do tego momentu symulacja świadomie powtarzała wzorce z wcześniejszych epidemii, na przykład SARS albo pandemii grypy H1N1 z 2009 roku, choć wirus zdawał się znacznie groźniejszy. Nagle jednak dochodzi do dramatycznego zwrotu akcji, gdy okazuje się, że klad X nie powstał w naturalny sposób tak jak SARS – w wyniku spotkania w dziczy pechowego zwierzęcia z niefortunnym człowiekiem. Naukowcy odkrywają, że został stworzony w laboratorium przez członków grupy ekoterrorystycznej dążącej do natychmiastowego i radykalnego zmniejszenia zbyt licznej, ich zdaniem, populacji człowieka. Za pomocą najnowszych narzędzi inżynierii genetycznej udało się obdarzyć całkiem przeciętny szczep paragrypy neurologiczną zjadliwością wirusa Nipah – prawdziwego patogenu wykrytego w Azji Południowo-Wschodniej w latach dziewięćdziesiątych, który podczas swoich nielicznych epidemii zabija nawet trzy czwarte zarażonych.

W trakcie symulacji uczestnicy obecni w Mandarin Oriental rozważają, czy Stany Zjednoczone powinny zamknąć granice, by spowolnić rozprzestrzenianie się choroby, oraz gdzie skoncentrować coraz bardziej ograniczone zasoby opieki zdrowotnej. Ostatecznie jednak ich działania zmieniają bardzo niewiele. O ile w ostatnim rozdziale widzieliśmy, że natura każe wirusom wybierać między zaraźliwością a zabójczością, twórcy kladu X pominęli ewolucję za pomocą biotechnologii, co pozwoliło ich dziełu połączyć szybkie roznoszenie się paragrypy ze zjadliwością Nipah. To dosko-

nała broń biologiczna: zaraża jak przeziębienie, zabija jak ebola. Świat jest bezbronny.

Pod koniec ćwiczenia zaplanowanego przez Johns Hopkins – po dwudziestu miesiącach fikcyjnej pandemii – sto pięćdziesiąt milionów ludzi na świecie, dwa procent całej ludzkości, padło ofiarą kladu X. Globalna gospodarka kompletnie się załamała, amerykański indeks giełdowy Dow Jones spadł o dziewięćdziesiąt procent, PKB Stanów Zjednoczonych o pięćdziesiąt procent, bezrobocie sięgnęło dwudziestu procent. Waszyngton jest właściwie obezwładniony – prezydent i wiceprezydent chorują, jedna trzecia Kongresu nie żyje albo nie jest zdolna do pracy. Gdy w sali znowu włączyły się światła, ogłaszając koniec symulacji, Jim Talent, były senator z Missouri, grający rolę sekretarza obrony, krótko podsumował sytuację: „Ameryka – powiedział do zgromadzonej publiczności – właśnie została zmieciona z powierzchni Ziemi” [1].

Ćwiczenie z kladem X, przeprowadzone w maju 2018 roku, było ostatnim z cyklu „gier wojennych” dotyczących pandemii, zorganizowanych przez Center for Health Security. Ich plany zawsze zakładały najczarniejszy scenariusz, bo o to chodziło. Podczas jednego z wcześniejszych ćwiczeń – zatytułowanego „Mroczna zima” i przeprowadzonego w 2001 roku – prowadzący symulowali biologiczny atak terrorystyczny na Stany Zjednoczone za pomocą wirusa ospy prawdziwej. Scenariusz zaaranżowano w wyjątkowo proroczym momencie, bo zaledwie parę miesięcy przed atakami z 11 września – jakby organizatorzy przewidzieli, w jaki sposób groźba terroryzmu, w tym biologicznego, pochłonie na wiele lat amerykański rząd i opinię publiczną.

Podobne symulacje potrafią dać nam sposób na przetestowanie naszej zdolności do odpowiedzi na zagrożenia dla zdrowia, które są jeszcze poza horyzontem. W 2001 roku oznaczało to myśl, że grupy terrorystyczne takie

jak Al-Kaida mogą zdobyć próbkę wirusa ospy, by wypuścić go na świat jako broń zarażającą i zabijającą tylu ludzi, ile to tylko możliwe. Podobny „konwencjonalny” biologiczny terroryzm wciąż jest zagrożeniem – Al-Kaida, a w ostatnich latach także tak zwane Państwo Islamskie próbowały już zdobyć oraz wykorzystać istniejące wirusy.

Symulacja kladu X ukazuje jednak, że zagrożenie biologiczne ewoluuje podobnie jak same wirusy. W ostatnich latach powstały nowe cudowne narzędzia biotechnologii, w tym w dziedzinie biologii syntetycznej – czyli mówiąc bardzo ogólnie, nauki o zmienianiu genotypów żywych organizmów – oraz pozwalającej na edycję genów techniki CRISPR, dzięki której biolodzy mogą wymieniać elementy DNA w komórce z niemal równą łatwością, co wycinać i wklejać słowa w Microsoft Wordzie. Metody te obiecują nam zmianę oblicza medycyny, jednak któregoś dnia – niekoniecznie w odległej przyszłości – mogą też dać ambitnej grupie terrorystycznej, lub nawet jednemu mikrobiologowi wyrzutkowi, możliwość dopasowania kodu genetycznego istniejącego zarazka, żeby stworzyć coś o wiele gorszego, niż byłaby w stanie natura, coś podobnego do kladu X.

– Klad X był fikcyjnym patogenem, ale wymyślonym na podstawie reguł naukowych – powiedział mi po zakończeniu ćwiczenia doktor Tom Inglesby, dyrektor Center for Health Security. – Coś takiego jest absolutnie możliwe.

Widziałem w życiu epidemie, w poprzednim rozdziale pokazałem też, jak bardzo jesteśmy nieprzygotowani na wielką pandemię grypy lub nowego patogenu, takiego jak kiedyś SARS. Jednak zaraza wywołana celowo i spowodowana przez syntetyczny zarazek byłaby o wiele gorsza. Stawialibyśmy czoła tym samym trudnym decyzjom co podczas naturalnej pandemii: czy zakazać podróży z dotkniętych nią regionów, jak podtrzymać funkcjonowanie przeciążonych szpitali, gdy wydłuża się lista chorych, jak

przyspieszyć rozwój i dystrybucję szczepionek oraz leków. Do tej ponurej listy należy dodać grozę, która opanowałaby społeczeństwo, kiedy wyszłoby na jaw, że otaczająca nas śmierć i zaraza jest nie dziełem natury, tylko umyślnego okrucieństwa. Boimy się epidemii, boimy się terroryzmu – te dwa lęki wzięte razem to recepta na chaos.

„Konwencjonalny" atak bioterrorystyczny byłby zabójczy i groźny dla społeczeństwa. Ale zamach z wykorzystaniem istniejącego patogenu miałby ograniczony zasięg, ponieważ podlegałby tym samym prawom ewolucji co naturalne epidemie. Natomiast wirus opracowany w laboratorium, tak by złamać te prawa, zarażałby i zabijałby szybciej niż coś, co mogłoby pochodzić z przyrody. Można go zaprojektować tak, żeby obchodził medyczne środki zapobiegawcze, utrudniał postawienie diagnozy albo leczenie pacjentów. Jeśli władze służby zdrowia zlikwidują jakieś ognisko, nic nie stoi na przeszkodzie, by wywołać nowe gdzieś indziej – i tak znowu i znowu. Odpowiednia mieszanka cech genetycznych mogłaby nas usunąć z tej planety – a więc syntetyczne wirusy są rzeczywistym zagrożeniem egzystencjalnym.

Podobny atak nie musi być nawet trudny do przeprowadzenia. Dzięki postępowi biotechnologii poziom umiejętności i finansowania potrzebny do przeprowadzenia zmian genetycznych oraz inżynierii genetycznej drastycznie spadł. To, co niegdyś wymagałoby armii wirusologów na usługach niepodległego państwa, wkrótce będzie mogła zrobić garstka utalentowanych i odpowiednio przeszkolonych pracowników laboratorium. A może nawet tylko jeden.

Gdy na konferencji South by Southwest w 2018 roku zapytano Melindę Gates, co uważa za największe zagrożenie stojące przed światem w następnym dziesięcioleciu, odpowiedziała bez wahania: „Atak bioterrorystyczny. Zdecydowanie" [2].

Nie jest w tym poglądzie odosobniona. W 2016 roku James Clapper, dyrektor wywiadu narodowego za prezydentury Obamy, nazwał CRISPR bronią masowej zagłady – kategorię tę z reguły rezerwuje się dla znanych nam koszmarów, takich jak bomby atomowe lub chemiczne. Raport wydany przez Narodowe Akademie Nauki w 2018 roku stwierdza, że biotechnologia przesunęła granice tego, co możliwe w tworzeniu nowego uzbrojenia, a jednocześnie powiększyła grupę ludzi zdolnych do przeprowadzenia ataków bakteriologicznych[3]. To fatalne połączenie, które jest w stanie realnie zagrozić naszej przyszłości bardziej niż cokolwiek innego.

– Gdyby ktoś chciał zrobić coś strasznego, najbardziej dostępnym zagrożeniem egzystencjalnym byłaby broń biologiczna – mówi Eric Klien, założyciel Lifeboat Foundation, organizacji charytatywnej zajmującej się przetrwaniem zagrożeń egzystencjalnych. – Dla małej grupy ludzi, może nawet dwu–trzyosobowej, nie byłoby czymś trudnym zabić sto milionów za pomocą broni biologicznej. W tym momencie na naszej planecie mieszka może milion osób posiadających odpowiednią wiedzę techniczną. Właściwie zaskakujące, że jeszcze do tego nie doszło.

Naszą największą nadzieją w przypadku zagrożenia użyciem syntetycznych patogenów mogą być te same narzędzia, które pozwalają je stworzyć. Tanie metody sekwencjonowania DNA umożliwiają naukowcom diagnozowanie chorób o nieznanym podłożu w ciągu zaledwie kilku dni, co zmniejsza szczególnie krytyczny przedział czasu, podczas którego bakcyl może być roznoszony bez zwracania niczyjej uwagi. Inżynieria genetyczna może przyspieszyć długi i trudny proces tworzenia szczepionek, dzięki czemu nawet wirus powstały w laboratorium powinien szybko spotkać się ze skutecznym środkiem zapobiegawczym. W swoich najodważniejszych snach niektórzy naukowcy wyobrażają sobie nawet, że moglibyśmy genetycznie projektować ludzi biologicznie odpornych na infekcje wirusowe, co kom-

pletnie usunęłoby odwieczną groźbę zarazy – czy to naturalnej, czy stworzonej przez człowieka.

Właśnie dlatego biotechnologia jest tak przerażająca i tak ekscytująca. To technologia podwójnego przeznaczenia, którą można wykorzystać do celów szlachetnych, ale też nikczemnych. Podobnie jak w przypadku budowy bomby atomowej, odkrycia genetyków chcących pomóc światu mogą posłużyć do zniszczenia planety. Pytanie, jakie stoi przed nami, brzmi: czy da się ujarzmić zdobycze biotechnologii, nie otwierając przy tym drzwi prawdziwemu odpowiednikowi kladu X?

Odkąd tylko prowadzono wojny, armie świata próbowały zmienić zarazy w broń. Jednym z pierwszych znanych przykładów użycia broni biologicznej było skażenie za pomocą trującej rośliny źródła wody miasta Kirra przez ateńskiego wodza Solona w 600 roku przed naszą erą. Uważa się, że Aleksander Wielki przerzucał katapultami zwłoki zabitych przez mury obleganych miast; taktykę tę stosowano później w średniowieczu. Według jednej z relacji, czarna śmierć pojawiła się w Europie, kiedy mongolscy najeźdźcy w ten właśnie sposób wrzucili ciała ofiar zarazy do czarnomorskiego portu Kaffa. Podczas wojny siedmioletniej (w latach 1756–1763, choć w Ameryce zaczęła się już w 1754 roku) na froncie amerykańskim brytyjski generał sir Jeffrey Amherst (na którego cześć nazwano potem miasto w Massachusetts, a także powstały wiele lat później tamtejszy uniwersytet) nakazał jednemu ze swoich podwładnych, by zaczął szerzyć ospę wśród oblegających go Indian [4].

W każdym z tych przypadków dowódcy wojskowi, kompletnie nieświadomi istnienia mikrobów, wykorzystali chorobę zakaźną tak, jak zrobiliby to dziś terroryści: do zabijania wrogów oraz niszczenia woli walki u ocalałych. W najlepszym razie była to broń prymitywna i prawie niedająca się

opanować, istniało ryzyko, że porazi samego atakującego. Jednak wraz z postępami medycyny, gdy lekarze zaczęli rozumieć, jak przenoszą się choroby, stało się jasne, że wiedza przydatna przy walce z zarazą może też uczynić z niej doskonalsze narzędzie wojny. Nauki medyczne stały się technologią podwójnego przeznaczenia i pozostają nią do dziś.

Każde ważniejsze państwo uczestniczące w II wojnie światowej – w tym Stany Zjednoczone – prowadziło program badania broni bakteriologicznej. Zakrojone na największą skalę były eksperymenty japońskie stosowane ze straszliwym skutkiem w Chinach, gdzie wielokrotnie zrzucano na cywilów bomby wypełnione zainfekowanymi pchłami. Sporą część tej pracy wykonała Jednostka 731, oficjalnie zwana Naczelnym Biurem Zapobiegania Epidemiom i Departamentem Oczyszczania Wody Armii Kwantuńskiej (nie był to ostatni przypadek, gdy program budowy ofensywnej broni biologicznej maskował się jako niegroźny projekt medyczny). By udoskonalić uzbrojenie bakteriologiczne, prowadzono tam okrutne badania, w tym wiwisekcje bez znieczulenia, na ludziach celowo zarażanych różnymi chorobami [5]. Po wojnie sadystyczny dowódca Jednostki 731 generał Shirō Ishii przehandlował Amerykanom wyniki swoich badań w zamian za ochronę przed sądem. Pozwolono mu w spokoju dożyć śmierci na raka w 1959 roku.

Badania nad bronią biologiczną osiągnęły jednak szczyt podczas zimnej wojny. Stany Zjednoczone przez lata prowadziły je w bazie Fort Detrick w stanie Maryland. Część tych prac miała charakter obronny, nie brakowało też jednak eksperymentów z bronią, w tym tajnych testów polowych w dużych miastach USA. Podczas doświadczenia prowadzonego w 1950 roku w San Francisco okręt marynarki wojennej rozpylił chmurę mikrobów, by zobaczyć, jak wojskowa bakteria może się rozprzestrzenić w mieście. Zarazki miały być niegroźne, później jednak okazało się, że u wielu niefortunnych mieszkańców wywołały infekcje dróg moczowych [6].

Program amerykański był jednak niczym w porównaniu z pracami prowadzonymi w Związku Radzieckim. Na położonej na Jeziorze Aralskim wyspie Odrodzenia zbudowano największą fabrykę broni biologicznej w dziejach. Pod koniec zimnej wojny w badaniach, testach i produkcji takiego uzbrojenia brało udział ponad sześćdziesiąt tysięcy mieszkańców Związku Radzieckiego. Owocem ich pracy były tysiące ton zabójczych patogenów, w tym wąglika, dżumy i ospy – dość, by bez większych problemów wytępić wszystkich ludzi na ziemi [7].

W 1969 roku Stany Zjednoczone jednostronnie zrezygnowały ze swojego programu ofensywnej broni biologicznej. Kilka lat później podpisały konwencję o zakazie broni bakteriologicznej – umowę międzynarodową zakazującą rozwoju, składowania i wykorzystywania uzbrojenia biologicznego. Związek Radziecki również był jej sygnatariuszem, jednak w tajemnicy kontynuował prace nad bronią bakteriologiczną w przekonaniu, że Stany Zjednoczone czynią podobnie. Wkrótce jednak Sowieci przekonali się, że zarazki to nieposłuszni żołnierze. W 1979 roku przypadkowe wypuszczenie zarodników wąglika w instalacji wojskowej w Jekaterynburgu kosztowało życie podobno nawet stu pracowników kompleksu oraz mieszkańców miasta. To jedna z wielu znanych katastrof towarzyszących radzieckiemu programowi badań nad bronią bakteriologiczną. Inną mogła być mała epidemia grypy z 1977 roku – niektórzy badacze przypisują ją nieumyślnemu rozprowadzeniu starego wirusa przechowywanego w sowieckim wojskowym laboratorium [8]. Dopiero w latach dziewięćdziesiątych Rosja przyznała, że ZSRR przez dziesięciolecia utrzymywał podobne projekty.

Konwencja o zakazie broni bakteriologicznej pozostaje jedynym w dziejach przypadkiem, w którym świat postanowił zakazać całej kategorii uzbrojenia. Jak powiedział prezydent Richard Nixon, gdy w 1969 roku

USA ogłosiły zarzucenie prac nad ofensywną bronią biologiczną: „Ludzkość ma już w swoich rękach zbyt wiele nasion własnej zagłady” [9]. Negocjowanie układu było o tyle łatwiejsze, że żadnemu państwu nie udało się wymyślić sposobu na niezawodne wykorzystanie broni bakteriologicznej. W końcu jej głównym składnikiem są żywe istoty – a te bywają nieprzewidywalne. Naboje i rakiety polecą tam, gdzie się je wystrzeli; zarazki rzucone w teren zainfekują każdego, kogo będą w stanie. Według jednego z badań ponad tysiąc japońskich żołnierzy padło ofiarami uzbrojenia bakteriologicznego wystrzelonego przez własne wojsko. Właśnie dlatego było ono tak rzadko stosowane na polu walki, mimo że wszystkie mocarstwa miały je w magazynach. Artykuł opublikowany przez Instytut Przyszłości Ludzkości przy Uniwersytecie Oksfordzkim wymienia zaledwie osiemnaście przypadków użycia wojskowych bakterii w latach 1915–2000 – wszystkie podczas I lub II wojny światowej [10].

Innym powodem porzucenia tych programów jest destabilizujące działanie broni biologicznej. W przeciwieństwie do bomb atomowych – które wymagają znajomości rzadko spotykanej technologii oraz dostępu do kosztownych materiałów, dzięki czemu mogą się nimi w praktyce posługiwać tylko potężne rządy – nie da się fizycznie ograniczyć dostępu do większości niebezpiecznych patogenów i biotechnologii. W Stanach Zjednoczonych jest dziś więcej mikrobiologów niż inżynierów nuklearnych [11]. Jeśli dodać do tego jeszcze liczniejszą grupę biologów innych specjalizacji oraz lekarzy, wyraźnie widać, że w Ameryce znacznie więcej ludzi ma doświadczenie w dziedzinie mechaniki infekcji niż badań nad atomowymi reakcjami łańcuchowymi.

Co ważniejsze, granica między zasadnymi badaniami biomedycznymi a pracą, którą można by wykorzystać, by zmienić zarazki w broń, jest bardzo niewyraźna. Wirusolog pracujący nad uzbrojeniem bakteriologicznym

wykorzystuje te same narzędzia co jego kolega z programu opracowującego szczepionki. Ten paradoks – że zdolności leczące ciało mogą je też ranić – leży w samym sercu medycyny. Właśnie dlatego nowi lekarze przysięgają „po pierwsze, nie szkodzić". Różnica między bronią a lekarstwem leży nie w narzędziach, ale w zamiarach.

Zamiary ciężko jednak nadzorować. Dlatego właśnie – mimo że obowiązuje międzynarodowy traktat zabraniający produkcji i wykorzystania broni bakteriologicznej, mimo że nawet zahartowanych w bojach żołnierzy przeraża perspektywa bomb wypełnionych dżumą – ryzyko związane z takim uzbrojeniem nigdy nie zniknie. Jest immanentną częścią sztuki medycznej, jej złą bliźniaczką. Badania biologiczne, jak mówi Tom Inglesby, „są finansowane, ich wyniki się publikuje i szybko puszcza w obieg na całym świecie". Jedyny sposób, by w pełni zagwarantować, że mikroby nigdy nie zostaną wykorzystane przeciwko innym ludziom, to zakazać medycyny doświadczalnej w ogóle – co z pewnością przyniosłoby znacznie więcej szkody niż pożytku. Jak ujęli to autorzy przełomowego raportu Finka w artykule z 2004 roku dla National Research Council: „Rozróżnienie pomiędzy tym, co stanowi zasadny lub nawet istotny temat badań, a tym, czego zakaz lub ścisłą kontrolę można by uzasadnić, nie może być dokonane *a priori*, wyrażone w sposób kategoryczny ani nawet potwierdzone przez zewnętrzną obserwację" [12].

Na tym polega dylemat technologii podwójnego przeznaczenia, będący kluczem do zrozumienia niebezpieczeństwa egzystencjalnego ze strony biotechnologii, a także niemal każdego innego antropogenicznego zagrożenia egzystencjalnego, w tym zwłaszcza sztucznej inteligencji. Na tych dwóch polach coraz trudniejsze staje się określenie różnicy między badaniami korzystnymi dla ludzkości a takimi, które mogą prowadzić do naszej zagłady. Z początku było tak również z bronią jądrową – bardzo niewielu

fizyków pracujących nad podstawowymi badaniami z dziedziny atomistyki w latach dwudziestych i trzydziestych mogło przewidzieć, że ich droga prowadzi do Hirosimy (chociaż niektórzy, na przykład Leo Szilard, zdali sobie z tego sprawę i zrobili wszystko, by powstrzymać bombę) [13]. W pewnym sensie jest to prawda także w przypadku zmian klimatu, bo źródła energii leżące u podstaw rewolucji przemysłowej oraz wielkiego materialnego boomu dwudziestego stulecia przeobrażają naszą atmosferę w piekarnik. Dylemat podwójnego przeznaczenia to właściwie dylemat całej nauki. Badania raz rozpoczęte mogą doprowadzić niemal wszędzie, w tym tam, gdzie ich autorzy ani przez moment nie spodziewali się trafić. Nauka jest metodą, nie gwarancją. Najważniejsze międzynarodowe nagrody naukowe wręcza się za sprawą inicjatywy Alfreda Nobla, wynalazcy dynamitu. To nie ironia – tak właśnie powinno być.

Trzeba przyznać, że większość członków zespołów z biotechnologicznej czołówki ma przynajmniej świadomość tego dylematu – w stopniu znacznie większym niż fizycy, którzy torowali drogę do bomby jądrowej. Emily Leproust jest prezesem Twist Bioscience, start-upu produkującego syntetyczne DNA. Jej klienci to laboratoria akademickie i firmy biotechnologiczne. Zamawiają konkretne nici DNA, na przykład dla określonego szczepu drożdży. Twist Bioscience syntetyzuje te geny, pakuje i wysyła do zamawiającego. Jeśli biologia syntetyczna to nowa gorączka złota, firma Leproust sprzedaje kilofy i łopaty.

Spotkałem się z nią w biurze firmy w nowym biotechnologicznym centrum San Francisco w Mission Bay – zaraz naprzeciwko właśnie powstającego nowego stadionu klubu koszykarskiego Golden State Warriors. Leproust jest oszałamiająco wysoka, ma czarne włosy sięgające do szczęki. Urodziła się w Tours we Francji, a doktorat z chemii organicznej obroniła na Uniwersytecie Houston, gdzie nauczyła się też angielskiego.

– Nie przejęłam jednak akcentu – dodaje swoim niskim głosem. Jest energetyczną misjonarką biologii syntetycznej; uważa, że przeobrazi ona medycynę, energetykę i inżynierię materiałową.

Jesienią 2018 roku, kilka miesięcy po naszym spotkaniu, jej firma z sukcesem weszła na giełdę, pomnażając setki milionów, które Twist zebrał, odkąd został założony w 2013 roku.

– Uważamy, że jesteśmy w stanie polepszyć ludzkie życie oraz uczynić rozwój gospodarczy całego świata bardziej zrównoważonym – mówi Leproust.

Ale wie też, że narzędzia pozwalające naukowcom zmieniać kod genetyczny żywych istot niosą ze sobą znaczące ryzyko.

– Każdy wynalazek ma dwie strony: pozytywną i negatywną – wyjaśnia. – Dynamit pozwala budować tunele, ale też zabijać ludzi. iPhone pozwala mi na wideorozmowę z mamą przez FaceTime, ale niektórzy wysadzają za jego pomocą bomby. Każdy wynalazek ma dobre i złe zastosowania.

Leproust ma rację – większość wynalazków, jeśli dodać do nich kreatywność, a odjąć moralność, może być wykorzystana w dobrych i złych celach. Jednak biologia syntetyczna nie jest wynalazkiem w tym samym znaczeniu co telefon albo bomba atomowa. Lepiej myśleć o niej jako o platformie technologicznej. Jest rewolucyjna – i może też niebezpieczna – nie przez to, co potrafi zrobić, ale co czyni wykonalnym. Do najbardziej przerażających możliwości otwartych przez biologię syntetyczną należy przemiana wirusa spędzającego sen z powiek ekspertom od bezpieczeństwa bakteriologicznego – ospy.

W naturze nie ma lepszego narzędzia biologicznego terroryzmu. Ospa prawdziwa zabija do trzydziestu procent zarażonych. Przenosi się drogą kropelkową i jest niezwykle zaraźliwa – każdy chory przekazuje ją prze-

ciętnie trzem–pięciu niezaszczepionym osobom [14]. Co więcej, ponieważ wirus został wytępiony w naturze kilkadziesiąt lat temu, szczepienia zostały wstrzymane, a zatem spora część świata – w tym niemal całe Stany Zjednoczone – byłaby narażona na infekcję. W symulacyjnym ćwiczeniu „Mroczna zima” wykonywanym przez Center for Health Security atak przeprowadzony za pomocą ospy zabił milion mieszkańców USA [15].

W porównaniu z innymi rodzajami broni biologicznej ospa daje się jednak kontrolować – i jest pod kontrolą. Nie występuje już w naturze, a jedyne dwie znane próbki wirusa znajdują się w pilnie strzeżonych instalacjach rządowych. Jest więc podobna do bomby atomowej w tym, że aby przeprowadzić za jej pomocą atak, terroryści musieliby ją wykraść – przy czym ładunków nuklearnych jest na ziemi o wiele więcej niż użytecznych próbek ospy. Tworzy to wokół niej jako narzędzia terroru podwójną barierę: najpierw trzeba by zdobyć próbkę, a potem wymyślić, jak zrobić z niej broń.

Porównanie do terroryzmu nuklearnego jest warte rozważenia. Teoretycznie grupa terrorystyczna mogłaby zbudować własną bombę, więc nie musiałaby jej wykradać. Potrzebowałaby jednak odpowiedniego materiału radioaktywnego i współpracowników, którzy wiedzieliby, jak ją zbudować i jak z niej korzystać – a spełnienie obu tych warunków jest bardzo trudne. To, że nie przeżyliśmy jeszcze koszmaru eksplozji głowicy jądrowej w dużym mieście, może wynikać nie tyle z sukcesów służb bezpieczeństwa, ile ze szczęśliwego faktu, że podobny plan jest niemal niemożliwy do wykonania.

Co jednak, gdyby to się zmieniło? Gdyby zbudowanie własnej bomby atomowej było równie proste, jak dziś na przykład zaprogramowanie wirusa komputerowego? Reguły terroryzmu atomowego przeszłyby fundamentalną zmianę, a wybuch nuklearny w jakimś niefortunnym mieście oka-

załby się może tylko kwestią czasu. Mamy szczęście, że broń jądrowa nie stała się prostsza w budowie ani użyciu – ale dokładnie to dzieje się w dziedzinie biologii syntetycznej.

Naukowcy praktykują podstawy inżynierii genetycznej – na przykład wytrącanie genów albo przenoszenie ich między gatunkami – od dziesięcioleci. W ostatnich latach nauczyli się błyskawicznie dekodować i sekwencjonować genotypy, dzięki czemu księga życia stała się czytelna. To był jednak dopiero początek. Dziś badacze potrafią edytować genotypy albo pisać DNA kompletnie od zera. Daje im to coraz większą kontrolę nad podstawowym kodem opisującym całe życie na ziemi, od najbardziej prymitywnych bakterii po – cóż – nas. To właśnie biologia syntetyczna.

– Inżynieria genetyczna była jak wymiana czerwonej żarówki na zieloną – mówi James Collins, inżynier biologiczny w MIT oraz jeden z pierwszych pionierów tej dziedziny. – Biologia syntetyczna to instalacja innowacyjnych obwodów elektrycznych, które pozwalają kontrolować, jak włącza i wyłącza się światło.

Każdy element materii ożywionej operuje na tym samym kodzie genetycznym, składającym się częściowo z zasad azotowych nukleotydów DNA: cytozyny (C), guaniny (G), adeniny (A) i tyminy (T). To język programowania, w którym zostało napisane życie, w zasadzie niezmieniony od pradziejów Ziemi [16]. Tak jak po angielsku da się napisać zarówno rymowanki dla przedszkolaków, jak i *Ulissesa*, tak za pomocą różnych kombinacji DNA można zapisać zarówno genotyp dwumikrometrowej pałeczki *E. coli* [17], jak i dwudziestopięciometrowego płetwala błękitnego [18].

– DNA u ludzi i u wszystkich innych organizmów na planecie jest takie samo – tłumaczy Jason Kelly, prezes Ginkgo Bioworks, bostońskiego startupu z dziedziny biologii syntetycznej. – Na tym polega fundamentalna myśl biologii syntetycznej.

Język DNA powstał miliardy lat temu, jednak dopiero niedawno nauczyliśmy się go odczytywać. Sekwencjonowanie DNA – określanie, w jakiej dokładnie kolejności są ustawione C, G, A i T – zostało przeprowadzone po raz pierwszy w latach siedemdziesiątych [19]. Przez wiele lat był to długotrwały i kosztowny proces. Projekt Poznania Genomu Ludzkiego (Human Genome Project) potrzebował przeszło dziesięciu lat oraz około 2,7 miliarda dolarów z publicznych oraz prywatnych dofinansowań, by wykonać swoją misję: stworzenie pierwszej kompletnej sekwencji genów składających się na człowieka [20]. Jednak między innymi dzięki odkryciom zmotywowanym przez ten projekt – program Apollo nauk przyrodniczych – cena sekwencjonowania DNA drastycznie spadła. Pełne przeprowadzenie go dla genomu jednego człowieka kosztuje dziś mniej niż tysiąc dolarów [21] i daje się zrobić w kilka dni.

Ale odczytywanie genomu to dopiero początek. Proces podobny do spadku cen sekwencjonowania danych genetycznych odbywa się także w ich zapisywaniu – choć znacznie wolniej. To właśnie „synteza” w „biologii syntetycznej” – zdolność do stworzenia genomu albo chociaż wprowadzenia do niego jakichś małych zmian.

Co to oznacza dla ospy? Przed rewolucją biologii syntetycznej wirus był rzeczą. Nie całkiem żywą, nie całkiem nieożywioną, w każdym razie istniał tylko w świecie rzeczywistym, czy to w naturze, w swoich ludzkich żywicielach, czy to jako próbka przechowywana w laboratorium. Ale wirus to tylko dane genetyczne, jakaś sekwencja DNA albo RNA, tak jak ta książka jest sekwencją odpowiednio ułożonych liter. Podobnie jak każdy zbiór danych, kod genetyczny wirusa ospy można skopiować i wysłać dalej. Metoda ma jednak znaczenie. Wydrukowaną książkę można przepisać, wirusy zaś mogą być wyhodowane w laboratorium przez doświadczonych techników. Podobnie jednak jak łatwiej i szybciej przesłać cyfrową niż

fizyczną kopię książki, tak też szybciej i łatwiej przesłać cyfrowe dane wirusa. Biolog mający odpowiednie – nienadzwyczajnie rzadkie – zdolności i narzędzia może potem wziąć taki cyfrowy kod genetyczny i na jego podstawie zsyntetyzować własną próbkę wirusa ospy prawdziwej. Nie da się łatwo kontrolować, co zostanie poddane cyfryzacji – zapytajcie tylko koncerny muzyczne, które tyle lat po powstaniu sieci torrentów Napster próbowały powstrzymać nielegalne kopiowanie muzyki. Dziś piractwo dotyczy też żywych organizmów.

Istnieją już przepisy zakazujące pobierania z internetu wzorców genetycznych mikrobów takich jak ospa, ebola albo SARS. Firmy syntetyzujące DNA, na przykład Twist Bioscience, współpracują z rządem USA, który sprawdza, czy w zamówieniach ich klientów nie ma czegoś podejrzanego – nie tylko jeśli chodzi o zamówienie, ale też o klienta.

– Mamy szczegółowy protokół, więc każde przychodzące zamówienie jest prześwietlane – mówi Leproust z Twista. – Na przykład jeśli to sekwencja wirusa grypy przysłana przez firmę pracującą nad testem diagnozującym grypę, to wspaniale. Ale jeśli ktoś zamawia sekwencję eboli do skrzynki pocztowej w Korei Północnej, to takiego zlecenia byśmy nie przyjęli.

Jednak między wysyłaniem danych wirusa grypy do przedsiębiorstwa zajmującego się diagnostyką a podawaniem projektu eboli Kim Dzong Unowi jest jeszcze spore pole manewru. W 2017 roku ekipa badaczy pod przewodnictwem Davida Evansa z Uniwersytetu Alberty złożyła do kupy kawałki zamówionego z zewnątrz DNA i odtworzyła wymarłego kuzyna ospy prawdziwej – ospę końską. Cały eksperyment kosztował sto tysięcy dolarów, zajął mniej więcej pół roku [22]. Ospa końska nie jest groźna dla ludzi, a Evans – międzynarodowy ekspert od wirusów ospy każdego rodzaju – powiedział, że zrobił to, by opracować lepszą szczepionkę na

ospę prawdziwą. Jednak jego praca wzbudziła falę krytyki ze strony naukowców, przestraszonych, że publikacja wyników tych badań w ogólnodostępnym czasopiśmie „PLOS One” [23] pokaże grupom terrorystycznym, jak zsyntetyzować zabójczy wirus.

To, co zrobiła ekipa Evansa, nie jest nielegalne – po części dlatego, że zostało sfinansowane z prywatnych, a nie publicznych funduszy. Evans powiedział, że omawiał projekt z kanadyjskimi agencjami rządowymi – choć nie musiał – i że prawnicy uniwersytetu przeanalizowali artykuł pod względem prawnym [24]. Eksperci WHO ustalali reguły zabraniające syntezy potencjalnie niebezpiecznych wirusów jeszcze wówczas, gdy prowadził badania. Nie pytając nikogo o zgodę, Evans zrobił swoje, a potem przedstawił światu gotowego bakcyla ospy końskiej jako fakt dokonany – i upublicznił zastosowaną metodę. „Czy zwiększyłem ryzyko, gdy pokazałem, jak się to robi? – wypowiedział się w wywiadzie do miesięcznika »Science« w 2017 roku [25]. – Nie wiem, może tak. Ale w rzeczywistości to ryzyko zawsze istniało”.

Przypadek ospy końskiej unaocznił dwie koncepcje kluczowe dla zrozumienia zagrożenia egzystencjalnego ze strony biotechnologii, a także zagrożeń egzystencjalnych spowodowanych przez powstające technologie w ogóle. Pierwszą są „zagrożenia informacyjne” – to termin ukuty przez Nicka Bostroma [26]. Chodzi o ryzyko wynikające z rozprzestrzeniania jakiejś wiedzy – zwłaszcza o nowych odkryciach – która mogłaby spowodować szkody albo pośrednio pozwolić na to komuś innemu. To niechciane dzieci nauki. Gdyby ktoś opublikował sekwencję genetyczną eboli w internecie, skąd każdy mógłby ją pobrać – byłoby to zagrożenie informacyjne. Należą tu też bardziej ogólne koncepcje, takie jak stosowanie deep learningu do tworzenia lepszych sztucznych inteligencji. Odkrycia te nie muszą od razu nadawać się do stworzenia broni. Na początku ich następstwa mogą

się wydawać niegroźne. Te same fundamentalne odkrycia atomistyki, które doprowadziły do testu Trinity, najpierw dały światu bezcenne informacje o tym, z czego składa się materia – wówczas większości naukowców wydawały się całkiem pożyteczne. Chodzi o to, że musimy mieć świadomość, że udostępnianie niektórych informacji w sferze publicznej może być niebezpieczne – jednak właśnie do tego szkoli się naukowców. Zagrożenia informacyjne są zatem wyjątkowo przewrotne.

Każdy przypadek powstania broni – od pierwszego naostrzonego kamienia do najnowszego drona – zaczął się od jakiegoś odkrycia. Kiedyś jednak informacje przekazywano od jednej osoby do drugiej, analogowo – dziś są one danymi o postaci cyfrowej. „Informacja chce być wolna” [27] – powiedział dawno temu znany nam już Stewart Brand. Z reguły rozumie się to zdanie jako postawę polityczną, czasem pogląd, że powinniśmy móc pobierać filmy albo muzykę bez płacenia. Tak naprawdę opisuje ono jednak nieuniknioną rzeczywistość epoki cyfrowej, będącej też epoką egzystencjalnego niebezpieczeństwa. Informacja chce być wolna, tak jak woda chce płynąć w dół – i równie ciężko ją przed tym powstrzymać.

Evans nie uważa, że przez jego eksperyment świat stał się bardziej niebezpiecznym miejscem (gdy powiedział „to ryzyko zawsze istniało”, miał zapewne na myśli, że jego zdaniem informacyjne zagrożenie złożeniem wirusa ospy z części istniało niezależnie od tego, czy rzeczywiście sam by to zrobił). Sądząc jednak po krytycznej reakcji społeczności wirusologów na artykuł o ospie końskiej, można wnioskować, że jego koledzy nie podzielali tej opinii. Ale nie mogli go powstrzymać – i nie powstrzymali.

To prowadzi nas do innego pojęcia, też ukutego przez Bostroma – klątwy jednostronności [28]. Wyobraźmy sobie społeczność biologów, w której każdy może przeprowadzić eksperyment mogący nieumyślnie pokazać terrorystom, jak stworzyć potężną broń biologiczną. Wystarczy, by jedna

osoba – jednostronnie, bez konsultacji z innymi – zdecydowała się zorganizować doświadczenie, a powstanie zagrożenie informacyjne, narażające wszystkich na działanie tej broni. Nie ma znaczenia, że dziewięćdziesięciu dziewięciu na stu biologów postanowiłoby nie przeprowadzać takiej próby. Jeśli zrobi to chociaż jeden, powstaje zagrożenie informacyjne.

Klątwa funkcjonuje za sprawą nierównowagi. Ponieważ eksperyment nie zostanie przeprowadzony, tylko w przypadku gdy wszystkich stu naukowców postanowi się przed tym powstrzymać, rachunek prawdopodobieństwa sprzyja powstaniu zagrożenia informacyjnego. Im większa liczba ludzi musi indywidualnie podjąć decyzję, że nie dokona tego doświadczenia, tym większe ryzyko, że ktoś jednak to zrobi (stosuje się tu cytat z Benjamina Franklina: „Troje może dochować tajemnicy, jeśli dwoje z nich nie żyje”) [29]. Wszystko, co tyczy się współczesnej nauki jako instytucji – nieustająca pogoń za prestiżem, zajadła konkurencja między naukowcami, by opublikować jakieś odkrycie przed innymi – jeszcze bardziej przechyla szalę na korzyść niebezpieczeństwa. Być może właśnie to miał na myśli Robert Oppenheimer, gdy po teście Trinity powiedział: „Osiągamy wielkie rzeczy w nauce nie dlatego, że są potrzebne; osiągamy je, ponieważ można je osiągnąć” [30]. Nikt jeszcze nie dostał profesury za nieopublikowanie czegoś.

Świat miał okazję poznać działanie klątwy jednostronności w listopadzie 2018 roku, gdy chiński biofizyk He Jiankui zaszokował społeczność naukową ogłoszeniem, że jako pierwszy przeprowadził edycję genomu ludzkich dzieci za pomocą CRISPR. Nikt nie wątpił, że naukowcy *mogliby* zmienić kod genetyczny ludzkiego embrionu przy użyciu tej techniki i poprowadzić taką ciążę do rozwiązania, tak jak zrobił to He. Jednak w opinii głównego nurtu mandarynów inżynierii genetycznej *nie należało* tego robić – przynajmniej dopóki nie zdobędziemy znacznie solidniejszych

dowodów, że nie zaowocuje to niepożądanymi skutkami ubocznymi i dopóki społeczeństwo nie będzie gotowe zaakceptować tak fundamentalnej zmiany definicji człowieczeństwa. He pokazał jednak, jak niewiele znaczy opinia naukowców dla zdeterminowanej jednostki. Co z te go, że dziewięćdziesięciu dziewięciu na stu naukowców nie zgodziłoby się na modyfikację genów ludzkiego embrionu? On był tym setnym – i zrobił, co postanowił. Nie można powiedzieć, jakie będą ostateczne konsekwencje tej decyzji. Społeczność inżynierów genetycznych zareagowała na ogłoszenie He oburzeniem i propozycjami objęcia podobnych działań moratorium [31]. Ale nauka rzadko robi krok w tył, zwłaszcza dziś, gdy dane tak łatwo można przekazywać dalej. Informacja chce przecież być wolna – podobnie jak zagrożenia informacyjne.

Powinniśmy się martwić możliwością celowego wykorzystania osiągnięć biotechnologii jako broni. Równie mocno powinny nas niepokoić potencjalne błędy. Nie ma znaczenia, czy koniec świata dokona się umyślnie, czy przypadkiem, w wyniku terroru czy pomyłki. To koniec – i koniec.

W 2014 roku dziennik „USA Today” uzyskał dostęp do rządowych raportów podsumowujących ponad tysiąc sto wypadków laboratoryjnych z udziałem niebezpiecznych materiałów biologicznych w latach 2008–2012 [32]. Ponad połowa z nich była na tyle poważna, że pracowników laboratoriów musiano skierować na badania lekarskie lub leczenie w związku z możliwością infekcji. W tym samym roku „USA Today” doniosło też, że do siedemdziesięciu pięciu naukowców z CDC mogło zostać narażonych na kontakt z żywymi bakteriami wąglika, gdy potencjalnie zakaźne próbki wysłano do laboratoriów niemających sprzętu pozwalającego na bezpieczne obchodzenie się z nimi [33]. W innym przypadku żywe próbki wirusa ospy znaleziono w składziku w Narodowych Instytutach Zdrowia (NIH). Nawet

po opanowaniu epidemii SARS w Singapurze, Tajpej i Pekinie zdarzały się sytuacje przypadkowego zarażenia pracowników laboratoryjnych tym wirusem [34]. W sumie w latach 2004–2010 doszło do ponad siedmiuset sytuacji utraty bądź wypuszczenia „wybranych środków lub toksyn” z amerykańskich laboratoriów. W jedenastu przypadkach doszło do bakteryjnych lub grzybiczych infekcji pracowników tych placówek [35].

Infekcje, a nawet śmierć wśród techników laboratoryjnych czasem się zdarzają. Przy pracy z zabójczymi zarazkami jest to ryzyko zawodowe. Może do tego dojść nawet w laboratoriach o najwyższym poziomie bezpieczeństwa. Jednak dla ogółu społeczeństwa znacznie groźniejsza jest możliwość celowego stworzenia sztucznie usprawnionego patogenu i eksperymentowania na nim. W latach 2010 i 2011 laboratoria Yoshihira Kawaoki na Uniwersytecie Wisconsin w Madison oraz Rona Fouchiera w Centrum Medycznym Uniwersytetu imienia Erazma z Rotterdamu w Holandii niezależnie ogłosiły, że za pomocą inżynierii genetycznej udało im się uczynić wirus zabójczej ptasiej grypy H5N1 bardziej zaraźliwym. Odkąd choroba ta w 1997 roku w Hongkongu po raz pierwszy przeskoczyła z drobiu na człowieka, sporadycznie zdarzają się jej epidemie, w których zginęły już setki ludzi – głównie w Azji [36]. Umieralność chorych wynosi około sześćdziesięciu procent w potwierdzonych przypadkach. Kiedy w połowie pierwszej dekady XXI wieku jeździłem robić reportaże do Indonezji – gdzie H5N1 zabił więcej ludzi niż gdziekolwiek indziej – na własne oczy widziałem, jakich potrafi dokonać zniszczeń i jaki wzbudza strach. Świat miał jednak szczęście – wirus ptasiej grypy niemal nigdy nie przenosi się z człowieka na człowieka, prawie każda infekcja wynika z kontaktu z zarażonym drobiem.

Ale specjaliści od grypy martwili się, że wirus może zmutować – na przykład zamienić się genami z wirusem grypy ludzkiej, zjawisko takie

nazywa się reasortacją – i zyskać zdolność przenoszenia się z człowieka na człowieka. W ten sposób mogłoby dojść do straszliwej pandemii. Zawsze było to możliwe – ale swoją drogą w 2010 roku H5N1 krążył już od niemal piętnastu lat i nigdy nie osiągnął poziomu pandemii. Być może – jak złodziej próbujący otworzyć zamek – nie trafił jeszcze na odpowiednią kombinację, ale prędzej czy później to zrobi. Może jednak w samej naturze wirusa było coś, co powstrzymywało te zmiany i czyniło pandemię H5N1 niemożliwą. Naukowcy mogli tylko czekać.

Biotechnologia pozwoliła jednak przyjąć inną strategię. Kawaoka wprowadził mutację do genu hemaglutyniny wirusa – to H w H5N1 – i połączył go z siedmioma genami z niezwykle zaraźliwej, ale niezbyt zabójczej grypy H1N1 z 2009 roku. Fouchier z zespołem wzięli istniejącą próbkę bakcyla pobraną w Indonezji i za pomocą genetyki odwrotnej wprowadzili do niego mutacje, które według badań pozwalały innym szczepom H5N1 na skuteczniejsze zarażanie ludzi. Obaj badacze próbowali stworzyć w próbówce to, czego epidemiolodzy z niepokojem wypatrywali w naturze – wirusa ptasiej grypy H5N1 zmutowanego tak, by łatwiej infekować gatunek ludzki – a potem przyjrzeli mu się i zanotowali, co się stało. W obu przypadkach zmodyfikowany zarazek przenosił się w laboratorium między fretkami (fretki od dawna są wykorzystywane przy badaniach nad grypą, bo zdaje się, że wirus zaraża je w ten sam sposób co ludzi, a zatem wirus tej choroby, który dobrze zaraża fretki, najpewniej równie skutecznie przenosiłby się między nami). Podobne mutacje nazywa się nabyciem funkcji – a ich sztuczne wywoływanie to potężne narzędzie do badań nad chorobami zakaźnymi, lecz także potencjalne źródło zagrożeń egzystencjalnych.

Wyniki tych badań były przydatne, bo dowiodły, że H5N1 rzeczywiście może potencjalnie wywołać pandemię. Kawaoka i Fouchier stworzyli jednak zmodyfikowane wirusy potencjalnie mające najgorsze cechy obu swo-

ich rodziców: zabójczość ptasiej grypy oraz zaraźliwość grypy ludzkiej. Na wieść o tych dokonaniach Narodowa Komisja Doradcza do spraw Bezpieczeństwa Bakteriologicznego (National Science Advisory Board for Biosecurity), powołana po atakach z użyciem wąglika z 2001 roku, po raz pierwszy poprosiła magazyny naukowe, by powstrzymały się przed publikacją pełnych szczegółów eksperymentu, z obawy, że mogłyby one zostać wykorzystane przez terrorystów jako projekt broni biologicznej. Gdy oba zespoły dokonały zmian w swoich pracach i podały więcej informacji na temat eksperymentów, ich wyniki zostały wydane – Fouchiera w „Science", Kawaoki w „Nature". Społeczność naukowa podzieliła się jednak na zwolenników Oppenheimerowskiego myślenia, że informacja powinna zawsze być dostępna, oraz tych, których przerażała perspektywa wykorzystania badań naukowych do niecnych celów. W 2014 roku Departament Zdrowia i Opieki Społecznej USA nałożył moratorium na badania prowadzące do nabycia funkcji, dopóki organy regulacyjne nie rozpatrzą sytuacji.

Marc Lipsitch z Harvardu – poznaliśmy go w poprzednim rozdziale – uważa, że te eksperymenty nigdy nie powinny zostać przeprowadzone.

– Czy ich naukowa strona jest tak fascynująca i tak ważna, że uzasadnia takie ryzyko? – pyta. – Odpowiedź brzmi „nie".

Kawaoka i Fouchier, a także inni szanowani naukowcy oczywiście się z nim nie zgadzają. Jednak Lipsitch i Tom Inglesby z Johnsa Hopkinsa drążyli temat. W 2014 roku przeanalizowali prawdopodobieństwo przypadkowego zarażenia hybrydowym wirusem pracownika laboratorium, a przez niego reszty świata [37]. Na podstawie wcześniejszych statystyk bezpieczeństwa bakteriologicznego doszli do wniosku, że każdy rok prac nad grypą hybrydową wiąże się z 0,01–0,1 procent ryzyka wywołania pandemii. Nie możemy wiedzieć na pewno, jaka byłaby umieralność w przypadku epidemii grypy hybrydowej, ale załóżmy, że zmodyfikowany wirus H5N1 zabi-

jałby, podobnie jak jego naturalny kuzyn, trzech na pięciu zarażonych. Gdyby jedna trzecia populacji świata została zainfekowana tym nowym, o wiele bardziej zakaźnym wirusem – to nie jest nierozsądne założenie, w końcu nikt nie byłby na niego odporny – liczba ofiar mogłaby sięgnąć 1,4 *miliarda* osób, czyli więcej niż nawet w przypadku fikcyjnego kladu X [38].

Inglesby i Lipsitch zrobili następnie coś jeszcze. Wzięli prawdopodobieństwo wyrwania się wirusa na wolność – to 0,01–0,1 procent – i pomnożyli przez potencjalną liczbę ofiar. Jak widzieliśmy we wcześniejszych rozdziałach, to dość typowa metoda wykorzystywana w analizie ryzyka do oszacowania, ilu w przeliczeniu na rok powinniśmy się spodziewać zgonów w wyniku bardzo nieprawdopodobnego zdarzenia, takiego jak uderzenie asteroidy albo supererupcja. Ich analiza wykazała, że nawet pomimo ekstremalnie niskiego prawdopodobieństwa wydostania się hybrydowego wirusa z laboratorium, konsekwencje byłyby tak katastrofalne, iż powinniśmy rozumieć je jako dwa tysiące–milion czterysta tysięcy przypadków śmierci rocznie. Nie oznacza to oczywiście, że badania nad modyfikowaną genetycznie grypą zabijają tysiące ludzi każdego roku. Podobnie jak w przypadku uderzenia wielkiej asteroidy, albo to się stanie i zginą miliardy, albo – co bardziej prawdopodobne – się nie stanie i nikt nie poniesie szkody. Lipsitch i Inglesby zademonstrowali jednak, że najczarniejszy scenariusz jest tak straszliwy, iż podzielony na lata mógłby zabić więcej ludzi, niż w USA umiera na choroby serca [39].

– To naprawdę wielkie ryzyko – mówi Lipsitch. – A czy chcemy zaryzykować ten bardzo, bardzo, bardzo mało prawdopodobny, ale straszliwy scenariusz?

W 2017 roku NIH zniosły moratorium na badania nad nabyciem funkcji. Zamiast tego wprowadzono nowe regulacje dotyczące zakresu prac i ograniczono je do kilku laboratoriów o najwyższym poziomie zabezpieczeń

bakteriologicznych [40]. Każdy eksperymentator chcący zwiększyć zjadliwość i tak groźnego patogenu musi udowodnić, że korzyści przewyższają ryzyko oraz że nie ma bezpieczniejszego sposobu na znalezienie odpowiedzi na pytania stawiane w jego badaniach. Proponowane eksperymenty podlegają analizie przez niezależny panel ekspertów. Jak powiedział dyrektor NIH Francis Collins przy ogłoszeniu tych zasad w grudniu 2017 roku, cały proces „pomoże umożliwić bezpieczne i odpowiedzialne prowadzenie badań tego rodzaju” [41]. Z kolei na początku 2019 roku „Science” ujawniło, że zarówno Kawaoka, jak i Fouchier otrzymali zgodę na wznowienie badań związanych z nabyciem funkcji przez wirusa grypy po rządowej kontroli ich planów. „Cieszymy się, że władze Stanów Zjednoczonych rozważyły zagrożenia i korzyści […] oraz opracowały nowe mechanizmy nadzoru – powiedział Kawaoka dziennikarzowi »Science«. – Wiemy, że wiąże się z tym ryzyko. Uważamy też, że to ważna praca, która pomoże w ochronie ludzkiego zdrowia” [42].

Nowe przepisy regulujące takie prace to krok we właściwym kierunku. Krytycy nie byli jednak zadowoleni, że wyniki rządowej kontroli nie zostały upublicznione. Lipsitch i Inglesby napisali w „Washington Post”, że może to „zagrozić zdrowiu publicznemu oraz sprawić, że ryzykujemy ludzkie życie” [43]. Żeby jednak zobaczyć, jak daleko sięga zdolność społeczności naukowej do samoregulacji, wystarczy tylko dać przykład He Jiankuiego i jego genetycznie modyfikowanych dzieci. Dawniej, gdy nauka była prerogatywą głównie małej grupy państw, czołowi badacze mogli skutecznie ograniczać przepływ danych. Te czasy minęły jednak dawno temu. W 2010 roku w Chinach sto siedemnaście tysięcy osób otrzymało tytuł doktora – ponad dwa razy tyle co w USA [44] i dziesięć razy więcej niż w tym samym kraju w 1999 roku [45]. Liczba ta rośnie nadal. Jeszcze przed odkryciami He chińscy naukowcy jako pierwsi eksperymentowali z CRISPR na

małpach oraz niezdolnych do przeżycia embrionach i przeszczepili modyfikowane tą metodą komórki dorosłemu człowiekowi [46]. Nie mają słabszego poczucia moralności od swoich zachodnich kolegów, ale dowiedli, że chcą poszerzać granice możliwości biotechnologii. Koniec końców klątwa jednostronności to mnożnik – im więcej badaczy jest w stanie przeprowadzić potencjalnie niebezpieczne prace, tym więcej będzie tych, którzy naprawdę to zrobią.

Za mało uwagi poświęca się możliwości, że nauka nieumyślnie tworzy mało prawdopodobne, ale ogromnie niebezpieczne zagrożenia egzystencjalne, zwłaszcza w dziedzinie biotechnologii. Normą jest postawa niezaangażowana: prowadzić badania najlepiej, jak potrafimy, i niech się dzieje, co chce. W przeszłości naukowcy znacznie szybciej dostrzegali niebezpieczeństwa nadmiernych regulacji niż niedostatecznych.

Ale nie wszyscy.

George Church jest olbrzymi, ma długą białą brodę i głęboki głos, tak niski, jakby wydobywał się gdzieś z podeszew butów. Mógłby zagrać w jakimś filmie rolę Boga. Od czasu do czasu był zresztą oskarżany, że ją sobie uzurpuje. Ten genetyk z Harvardu to jedna z najważniejszych postaci w dziedzinie odczytywania, zapisywania i edytowania kodu genetycznego – z pewnością również najbardziej śmiała. Pracował z The Long Now Foundation nad przywróceniem do życia wymarłego mamuta włochatego przez wpisywanie cech genetycznych mamutów do genomu ich bliskich krewnych – słoni azjatyckich. Był jednym z pierwszych, którzy stosowali metodę CRISPR na komórkach ssaków. Rozważał również możliwość syntezy – czyli zapisania od zera – kompletnego kodu genetycznego człowieka, trzech miliardów par zasadowych DNA. Jeśli rewolucja biologii syntetycznej

zmieni to, jak żyjemy, pracujemy, nawet umieramy – bądź nie – będzie to w dużej mierze zasługa Churcha. Albo jego wina.

Church jest wyjątkiem wśród naukowców ze swojej dziedziny także z innego powodu. Większość z nich powściągliwie mówi o tym, jak CRISPR i inne nowe narzędzia mogłyby zmienić medycynę lub społeczeństwo, po części ze strachu przed nieproporcjonalną reakcją społeczeństwa. Bardzo chętnie opowiada o wszystkich możliwych konsekwencjach swojej rewolucyjnej pracy, w tym nawet o potencjalnym końcu świata. Oprócz laboratoriów na Harvardzie i w południowochińskim mieście Shenzhen pomógł założyć niezliczone biotechnologiczne start-upy próbujące skomercjalizować jego odkrycia (przez co slajd o konfliktach interesów, który pokazuje na początku swoich wystąpień – lista firm, w których ma finansowy interes – jest równie skomplikowany, co mapa tokijskiego metra). Jeden z jego najbardziej ekscytujących eksperymentów to edytowanie genomu świń za pomocą CRISPR, żeby można było hodować w nich narządy do przeszczepów dla ludzi – tak zwanej ksenotransplantacji – bez ryzyka odrzucenia [47]. Jeden ze start-upów zajmuje się promocją tego projektu.

Choć Church chce badać możliwości biotechnologii, jest też w pełni świadomy, że możemy nie być gotowi na władzę, którą niedługo zdobędziemy. Właśnie dlatego zasiada w radach nadzorczych Centrum Badań nad Zagrożeniami Egzystencjalnymi Uniwersytetu Cambridge i Instytutu Przyszłości Życia w Bostonie. Stoi na stanowisku rzadkim wśród naukowców, nawet tych z dziedziny nauk przyrodniczych, w których pełno instytucjonalnych komisji rewizyjnych oraz niezawisłych komitetów etyki – chce, żeby nałożono na niego regulacje. Prawie tak jak Odyseusz kazał się przywiązać do masztu, gdy mijał syreny o zabójczym śpiewie.

– W 2004 roku niepokoiło mnie rozpowszechnienie metod syntezy DNA, zdolność stworzenia czegokolwiek – mówi, gdy spotykamy się na

konferencji biologów syntetycznych w 2018 roku. – Potem znowu zaniepokoiłem się, gdy zaczynaliśmy kodować dane cyfrowe w DNA, bałem się, że powstanie olbrzymi rynek DNA […], gdy zaczniemy robić przez internet rzeczy i każdy będzie mógł zbudować cokolwiek. Boję się, że producenci syntezatorów DNA nie będą przestrzegać zasad i przepisów. Że kiedy nauczymy się przeszczepiać świńskie narządy człowiekowi, razem z nimi przejmiemy świńskie wirusy, które w takim pacjencie, biorącym leki immunosupresyjne, zaczną ewoluować i zmienią się w coś jeszcze gorszego. Boję się, że jakaś terapia oparta na komórkach może wywołać raka, nawet jeśli ma leczyć raka. To tylko podzbiory. Mogę tak jeszcze długo.

Church wie, że jeśli jego dziedzina – zajmująca się zmienianiem istoty życia – zyska reputację Dzikiego Zachodu, reakcja opinii publicznej może mieć katastrofalne skutki.

– Potrzebna jest sprawiedliwa dystrybucja, żeby wszyscy mieli dostęp do pozytywnych stron tej technologii – powiedział mi podczas wcześniejszego wywiadu. – Nie chcemy, żeby ktoś stworzył morderczego wirusa, a to wymaga regulacji. Bardzo lubię agencje regulacyjne. Bez nich ryzykowalibyśmy znacznie większe kłopoty. Kiedy dużo ludzi umiera, wtedy mamy prawdziwe problemy.

Biotechnologia już raz doświadczyła podobnej fatalnej klęski. W 1999 roku osiemnastoletni Jesse Gelsinger zmarł podczas próbnej terapii genowej. Tragedia ta zatrzymała postępy obiecującej wówczas dziedziny naprawiania wad genetycznych za pomocą przeszczepiania zdrowych genów w miejsce tych wywołujących schorzenie [48]. Po narodzinach potraktowanych metodą CRISPR dzieci He Jiankuiego naukowcy martwili się, że politycy mogą nałożyć totalny zakaz wprowadzania zmian genetycznych w embrionach, zamykając drogę do skutecznej techniki leczenia nieuleczalnych dzisiaj chorób genetycznych [49]. Ale w przypadku biotechnologii

i innych antropogenicznych zagrożeń egzystencjalnych spowodowanych rozwojem nowych technologii musimy sobie odpowiedzieć na pytanie: jak regulować błyskawicznie postępującą dziedzinę naukową, której konsekwencji – pozytywnych i negatywnych – nie jesteśmy jeszcze w stanie w pełni zrozumieć?

Prawda jest taka, że w zasadzie nie można rozwijać nowych technologii bez narażania społeczeństwa, a może całej ludzkości, na nieznane zagrożenia – także dlatego, że najczęściej nawet nie wiemy, co to za zagrożenia, dopóki nie jest za późno. Gdy w połowie pierwszej dekady XXI wieku pojawił się Facebook, media społecznościowe stanowiły tylko mały wycinek internetu, gospodarki i naszego życia. Prowadzące je firmy nie były szczególnie potężne ani istotne. Rząd mógłby je wtedy bardzo łatwo uregulować – ale skąd Waszyngton mógł wiedzieć, czego powinny dotyczyć przepisy i dlaczego? Musiałby mieć magiczną kryształową kulę. Od tego czasu minęło kilkanaście lat. Facebook jest wart setki miliardów dolarów, a media społecznościowe posłużyły do zmanipulowania wyborów prezydenckich. Facebook, Twitter i reszta tej grupy zmieniły nasze nawyki, kulturę, a nawet sposób myślenia – i dopiero zaczynamy rozumieć, do jakiego stopnia. Ale rząd nie radzi sobie z opracowaniem przepisów dla globalnej branży, których – dziś bogata i wpływowa – nie mogłaby obejść.

Zjawisko to nazywamy dylematem Collingridge'a. W 1980 roku David Collingridge pracował na Uniwersytecie Aston w Wielkiej Brytanii. Wydał wówczas książkę *The Social Control of Technology*. Twierdził w niej, że możemy albo regulować technologię w zarodku, gdy wciąż nie znamy ani wynikającego z niej ryzyka, ani korzyści, albo poczekać, aż stanie się bardziej dojrzała – a wtedy może być już tak wszechobecna, że skuteczne ujęcie jej w ramy prawne nie będzie możliwe [50]. W obu przypadkach możemy stracić.

Facebook nie doprowadzi do końca świata – najprawdopodobniej – ale biotechnologia już może. Biologia syntetyczna ma ni0ewiarygodny potencjał – może pozwolić nam leczyć choroby, hodować narządy, stworzyć linie komórkowe odporne na wirusy, opracować biopaliwa zdolne zastąpić ropę, otrzymywać mięso bez zabijania zwierząt. Powstrzymywanie rozwoju tej dziedziny kosztowałoby nieznaną liczbę ludzkich istnień, mogłoby nawet utrudnić walkę z zagrożeniami egzystencjalnymi takimi jak zmiany klimatyczne. Jednak może ona nieść ze sobą zagrożenia absolutne – a jeśli poczekamy, aż ktoś rzeczywiście wypuści modyfikowany genetycznie bakcyl w miejscu publicznym, będzie za późno.

Podczas tego samego wyjazdu, na którym spotkałem się z George'em Churchem, zatrzymałem się też w południowym Bostonie w biurze Ginkgo Bioworks. To pierwsza firma z dziedziny biologii syntetycznej o statusie „jednorożca" – znaczy to, że jej wartość przekroczyła miliard dolarów. Przedstawia się jako „producent organizmów". Jej bioinżynierowie projektują i budują mikroby według specyfikacji klienta. Na początku służyły głównie do syntezy sztucznych smaków lub zapachów roślin. Na przykład we współpracy z pewną francuską firmą produkującą perfumy Ginkgo stworzyło zapach róży dzięki wydobyciu genów z prawdziwych róż, wprowadzeniu ich do drożdży, a potem genetycznej zmianie wzorców biosyntezy tych grzybów, tak by wytwarzały zapach róży – jak się okazuje, pachnie ona tak samo, gdy zamiast kielicha i kolców mamy zmodyfikowany genetycznie mikrob. Firma pracuje też nad wydobywaniem cząstek DNA z zachowanych okazów roślin, by stworzyć syntetyczne zapachy wymarłych kwiatów – na przykład ibiszka z wyspy Maui, który w stanie dzikim przestał istnieć około 1911 roku [51].

Zapachy były jednak dopiero początkiem. W 2017 roku Ginkgo zaczęło we współpracy z niemieckim gigantem farmaceutycznym Bayer projekt

tworzenia mikrobów zdolnych dostarczać azot bezpośrednio do roślin, bez potrzeby stosowania nawozów sztucznych [52]. Firma szacuje, że dziś odpowiada za przynajmniej jedną trzecią syntez o długości minimum jednego genu na świecie (a jej największym podwykonawcą jest Twist Bioscience) [53]. Placówka, którą zwiedzałem w Bostonie, to nie tyle laboratorium, ile biologiczna fabryka, produkująca syntetyczne organizmy tak samo jak zakład Forda produkuje półciężarówki F-150. Christina Agapakis, dyrektor kreatywna Ginkgo, oprowadziła mnie po linii produkcyjnej, gdzie normalnie ubrani doktorzy biologii pracowicie machali pipetami i odmierzali masy. Tym, co mnie zaskoczyło – oprócz T-shirtów z logo *Parku Jurajskiego*, które chyba potraktowałem nieco zbyt osobiście – było to, jak niewielu ich tam pracowało. Większość zadań w fabryce Ginkgo – zwanej hutą – jest zautomatyzowana, tak jak wcześniej stało się to w normalnych zakładach produkcyjnych.

Biologia syntetyczna rewolucjonizuje nie tylko to, co naukowcy mogą zrobić, ale też *jak*. Coraz większa automatyzacja w firmie biotechnologicznej takiej jak Ginkgo to przykład trendu zwanego *deskilling* – obniżanie kwalifikacji. Z każdym rokiem poziom wiedzy naukowej wymagany do przeprowadzenia jakiegoś eksperymentu w tej dziedzinie spada. To, co jeszcze do niedawna wymagało ciężkiej pracy doktora, dziś potrafi zrobić student przed licencjatem, a za jakiś czas może będzie projektem ambitnego licealisty na olimpiadę naukową. Biologia syntetyczna staje się coraz łatwiejsza i tańsza, a to znaczy, że może się nią zajmować coraz więcej ludzi. W ten sposób narasta zagrożenie informacyjne.

Deskilling pomogło Ginkgo zaprojektować i wyprodukować ponad dziesięć tysięcy genów miesięcznie [54]. Czy to dużo? Jason Kelly, współzałożyciel i prezes Ginkgo, mówi, że w ciągu całych swoich studiów w MIT w połowie pierwszego dziesięciolecia XXI wieku zaprojektował w sumie

pięćdziesiąt tysięcy par zasadowych DNA. Wtedy całą pracę trzeba było wykonywać ręcznie. Dziś jednak biologia syntetyczna przestaje być rzemieślniczym zajęciem dla wysoce wyszkolonych ekspertów w laboratoriach, a staje się prawdziwym przemysłem. Wszystko odbywa się coraz szybciej, badacze mogą zaprojektować organizm, zbudować go, poddać badaniom, przeanalizować wyniki testu, a potem zacząć cały proces od nowa.

– Coś, co parę lat temu świetnie nadawałoby się na doktorat, dziś można tu zrobić w dwa tygodnie – mówi Agapakis.

Osobista przeszłość innego z założycieli Ginkgo, Toma Knighta, pokazuje, jak daleką drogę przeszła biologia syntetyczna i jak wiele jeszcze przed nią. Knight był w latach sześćdziesiątych młodym geniuszem informatyki w MIT. W tamtych czasach programował na wielkich maszynach, które wymagały od użytkownika ręcznego wprowadzania instrukcji za pomocą kart perforowanych. Dziś to samo zadanie polega na wpisaniu kodu do komputera. Przez dziesięciolecia programowanie biologiczne przebiegało w tym samym tempie co na kartach perforowanych, a to ograniczało jego możliwości.

– W każdej dyscyplinie inżynieryjnej najważniejszą rzeczą ograniczającą to, co rzeczywiście możemy zrobić, jest prędkość próbowania nowości – mówi Knight.

Kiedy był jeszcze informatykiem, w latach sześćdziesiątych, siedemdziesiątych, osiemdziesiątych – potem przeszedł do rodzącej się wówczas dziedziny biologii syntetycznej – korzystał z rewolucji w mocy obliczeniowej opisywanej przez prawo Moore’a. Gordon Moore, założyciel produkującej układy scalone firmy Intel, przewidział w nim, że moc obliczeniowa maszyn liczących będzie się podwajać co mniej więcej osiemnaście miesięcy. Superkomputery, laptopy i iPhone’y istnieją tylko dlatego, że miał

rację. W ostatnich latach podobny trend widać w odczytywaniu i zapisywaniu DNA – jest coraz tańsze i coraz szybsze. Pozwoliło to na uprzemysłowienie biologii syntetycznej. Może nigdy nie będzie się w niej dało programować równie łatwo, co w informatyce – w końcu w tej dziedzinie materiałem są malutkie kawałki żywych istot, kod komputerowy zaś to po prostu kod – ale radzimy sobie z tym coraz lepiej i coraz szybciej.

Dziś w szkołach w zasadzie wszystkich uczy się programowania. W przyszłości może każdy będzie znał podstawy biologii syntetycznej i potrafił programować życie. Cyfrowe aplikacje na naszych smartfonach kompletnie zmieniły to, jak żyjemy i pracujemy – niech sobie Państwo wyobrażą, co mogłyby zrobić aplikacje bioinżynieryjne. „Projektowanie genomów będzie czymś osobistym, nową formą wyrazu artystycznego, równie twórczą, jak malarstwo albo rzeźba – przewidywał fizyk i pisarz Freeman Dyson w wywiadzie dla »New York Review of Books« z 2007 roku. – Niewiele z tych tworów będzie arcydziełami, jednak sporo z nich przyniesie swym twórcom radość, a naszej faunie i florze różnorodność. Ostatnim krokiem […] będą gry biotechnologiczne, zaprojektowane jak gry komputerowe dla dzieci nawet w wieku przedszkolnym, ale rozgrywane za pomocą prawdziwych jajeczek i nasion, a nie obrazów na ekranie monitora” [55].

To wersja optymistyczna. Ale *deskilling* czegoś tak potężnego jak biologia syntetyczna niechybnie powiększy zagrożenie egzystencjalne. Badacz zagrożenia ze strony sztucznej inteligencji (SI) Eliezer Yudkowsky błyskotliwie nazwał skutki tego procesu prawem Moore’a dla szalonych naukowców: „Minimalne IQ potrzebne do zniszczenia świata spada o jeden punkt co osiemnaście miesięcy” [56]. Nie jest ono równie precyzyjne, co prawdziwe prawo Moore’a – i nie ma być – ale coś w tym jest. Niech Państwo pomyślą o programowaniu komputerowym. Względna łatwość kodowania stworzyła

dzisiejszą, wartą biliony dolarów branżę technologiczną, ale też dała tysiącom ludzi zdolność tworzenia szkodliwych programów w celach przestępczych, szpiegowskich albo po prostu dla rozrywki – w 2017 roku powstające tak wirusy kosztowały światową gospodarkę ponad sześćset miliardów dolarów [57].

A teraz wyobraźmy sobie, że programowanie biologii jest równie proste, co programowanie komputerów, tak jak postulował Dyson. Oznaczałoby to wyzwolenie kreatywności, ale też naszych mroczniejszych instynktów. Znacznie mniej osób projektowałoby za pomocą biologii syntetycznej zabójcze wirusy, by wypuścić je na świat, niż dziś programuje wirusy komputerowe dla pieniędzy, po części dlatego, że w społeczeństwie jest znacznie więcej złodziei niż morderców. Ale ci drudzy jednak istnieją, a ta technologia mogłaby dać im moc zagrażającą nam wszystkim.

Cody Wilson – student prawa, propagator wolnego dostępu do technologii szyfrujących i jeden z piętnastu najbardziej niebezpiecznych ludzi na świecie według magazynu „Wired” – opublikował w 2013 roku w internecie plany pistoletu dającego się wyprodukować na drukarce 3D. Jednostrzałowiec wykonany głównie z plastiku otrzymał nazwę Liberator. Każdy, kto miał dostęp do drukarki 3D i kilku dodatkowych elementów, mógł teraz pobrać z internetu i wydrukować własną, kompletnie niemożliwą do namierzenia broń bez jakiegokolwiek rządowego nadzoru. Kiedy projekt pojawił się w sieci, Departament Stanu nakazał jego usunięcie jako potencjalnie naruszającego przepisy o eksporcie uzbrojenia. Wilson zaskarżył tę decyzję do sądu. W 2018 roku Departament Stanu, w międzyczasie przejęty przez przyjazną deregulacji prywatnego uzbrojenia administrację Trumpa, postanowił zawrzeć ugodę, w ramach której Wilsonowi przyznano możliwość umieszczenia projektu w internecie oraz zwrot kosztów postępowania

w wysokości czterdziestu tysięcy dolarów. Zwolennicy prawa do noszenia broni przyjęli tę opinię z radością jako „koniec kontroli broni palnej”, jak ujął to felietonista Fox News John Lott Jr [58].

1 sierpnia 2018 roku sąd federalny wydał nakaz tymczasowego wstrzymania publikacji projektu do czasu rozpatrzenia pozwów ze strony kilku stanów. Mimo to Wilson twierdził, że ma prawo do sprzedaży planów w sieci, jednak we wrześniu odszedł z prowadzącej program firmy Defense Distributed, gdy został aresztowany w związku z zarzutem molestowania nieletniej [59]. Jednak liberator to tylko bardzo wczesny przykład radykalnego obniżania przez technologie, takie jak druk 3D i biologia syntetyczna, poziomu wiedzy niezbędnego dla często groźnych zamiarów oraz zwiększania przez nie siły nieprzewidywalnych jednostek przy jednoczesnym podrywaniu zdolności władz do zapewniania nam bezpieczeństwa – także przed nami samymi.

Jeśli w końcu wszyscy zyskają moc sprowadzenia na świat zagłady, a rządy nie będą w stanie tego powstrzymać, to dalsze istnienie ludzkości będzie zależało od tego, czy każdy z nas – 7,7 miliarda osób, których jeszcze do tego przybywa – postanowi go nie przerywać. Politolog z Uniwersytetu Stanforda James Fearon przedstawił podczas wystąpienia w 2003 roku, gdy populacja świata była bliższa pięciu miliardom, eksperyment myślowy. Wyobraził sobie epokę, w której każdy może zniszczyć planetę przyciśnięciem jednego przycisku w telefonie. „Jak państwo myślą, jak długo przetrwałby świat, gdyby pięć miliardów osób miało zdolność wysadzenia wszystkiego w powietrze? – pytał. – Nie da się obronić tu odpowiedzi powyżej jednej sekundy. Przewidywana długość życia nie wzrosłaby wiele, gdyby takie telefony miał tylko milion osób. Gdyby miało je dziesięć tysięcy ludzi, globalny holocaust i tak byłby bardzo prawdopodobny. A dziesięć tysięcy to zaledwie dwie milionowe części pięciu miliardów”.

Nawet najbardziej rozwinięta technologia przyszłości będzie wymagać więcej wiedzy niż wciśnięcie klawisza telefonu – ale niekoniecznie o wiele więcej. Z pewnością za to mniej niż trzeba, by użyć istniejących rodzajów broni masowej zagłady.

– Dzisiejsza sytuacja [w kwestii biotechnologii] jest lustrzanym odbiciem broni atomowej, wymagającej olbrzymiej infrastruktury, dostępu do kontrolowanych materiałów oraz wiedzy, której nie da się po prostu znaleźć w internecie – mówi mi Gabriella Blum, profesor prawa z Harvardu oraz współautorka książki *The Future of Violence*. – Zadajemy więc sobie pytanie: jak bardzo ludzie są skłonni robić innym krzywdę i w jaki sposób?

Nie musi to być krzywda umyślna. Wirusy i bakterie są zdolne do rozmnażania, a więc przypadek może być równie katastrofalny w skutkach, jak celowy atak (w końcu naturalne epidemie nie zaczynają się umyślnie, a kosztowały życie miliardów ludzi). Właśnie dlatego biotechnologia jest w gruncie rzeczy największym zagrożeniem egzystencjalnym, z jakim ludzkość będzie się mierzyć w nadchodzących dziesięcioleciach, gdy ta dziedzina dojrzeje jako nauka. Wykorzystuje ona naszą kreatywność oraz żądzę odkrywania i obraca je przeciwko nam. Za jej sprawą jesteśmy wszyscy tylko tak silni jak najsłabsze, najbardziej obłąkane ogniwo wśród nas. Obiecuje nam potencjał, a daje moc – to najbardziej niebezpieczny ze wszystkich darów.

7

Sztuczna inteligencja
Wywoływanie demonów

Pierwszy komputer otrzymałem w wieku ośmiu lat. Moja rodzina postanowiła zrobić sobie prezent świąteczny i kupiła apple'a IIe – pudełkowatą beżową maszynę z kineskopowym monitorem i zewnętrznym napędem dyskietek. Pamiętam, jak warczał ekran, kiedy się go włączało, i jak delikatnie kopał prądem, gdy ktoś dotknął szkła. Pamiętam, jak przyciski klawiatury zjeżdżały w dół po wciśnięciu – wtedy jeszcze miały przypominać klawisze maszyn do pisania. Pamiętam dźwięki pracy komputera, które nauczyłem się diagnozować jak lekarz z głowicą stetoskopu na piersi pacjenta. Gdy wszystko działało dobrze – co nie zdarzało się bardzo często – aparat szumiał z ukontentowaniem. Kiedy jednak coś szło nie tak, z plastikowej obudowy dochodził wściekły świst, jakby maszyna chciała zaprotestować przeciwko temu, co każą jej robić mniej inteligentni od niej ludzie.

Nasza rodzina miała przed apple'em różne zdobycze techniki: telewizory, magnetowidy, telefony, kuchenki mikrofalowe, budziki, piloty, nawet starą konsolę do gier Atari 2600. Komputer wyróżniał się jednak tym – choć wtedy jeszcze nie miałem tej świadomości – że był maszyną wielofunkcyjną. Wszystkie inne sprzęty elektroniczne w naszym domu miały tylko jedno zastosowanie: mikrofalówka podgrzewała jedzenie, magnetowidy nagrywały emisje telewizyjne, na atari można było grać w Ponga. Jednak apple mógł zrobić wszystko, co tylko dalibyśmy radę zaprogramować: księgowość, grafikę, edycję tekstu, w praktyce jednak głównie graliśmy na

nim w gry. Podobne komputery były ograniczane tylko przez jakość programów oraz moc sprzętu.

Moc, która od tamtego czasu wzrasta wykładniczo. Mój iPhone 7 ma już ponad trzy lata, ale jego pamięć RAM jest przeszło trzydzieści tysięcy razy większa niż tamtego starego apple'a IIe [1]. Od czasu zajmujących całe sale komputerów z połowy stulecia moc obliczeniowa na świecie zwiększyła się ponad bilion razy. Szalone tempo wzrostu, ujęte we wspomnianym w poprzednim rozdziale prawie Moore'a, utrzymuje się do dziś [2]. Komputery są zarówno potężniejsze, jak i wszechobecne. Procesory znajdziemy dziś nie tylko w stacjonarnych maszynach, laptopach i smartfonach, lecz także w zegarkach, telewizorach, głośnikach, samochodach, nianiach elektronicznych, żarówkach, wagach, urządzeniach AGD, systemach alarmowych, odkurzaczach. Rozwój sieci i mobilnego przesyłu danych oznacza, że te układy mogą się porozumiewać, a powstanie chmury – przerzucenie zadań obliczeniowych i składowania danych na zewnętrzne farmy serwerów, do których mamy dostęp przez internet – uwalnia je od ograniczeń mocy pojedynczego urządzenia. Kapitalista Marc Andreessen – założyciel firmy Netscape, jeden z pierwszych inwestorów, którzy włożyli pieniądze w Facebooka i Twittera – dobrze opisał w 2011 roku upowszechnienie się komputeryzacji: „Oprogramowanie pożera świat" [3].

O mało nie pożarło także tej książki. Bez rewolucji obliczeniowej naukowcy z NASA nie byliby w stanie namierzać i potencjalnie zmieniać kursu nadlatujących asteroid, a wulkanolodzy nie mogliby stworzyć globalnego systemu monitorowania supererupcji. Pierwszą bombę atomową zbudowano bez pomocy współczesnych komputerów, jednak znacznie potężniejsi następcy Gadżetu – oraz spowodowane przez nich zagrożenie globalną wojną termojądrową – nie powstaliby bez zaawansowanych technik obliczeniowych. Elektryczność zasilająca oprogramowanie pożerające

świat dokłada się do zmian klimatu, ale potężne komputery pozwalają zwiększać wydajność energetyczną oraz przyspieszać rozwój czystych odnawialnych źródeł energii. To właśnie te maszyny umożliwiają tanie sekwencjonowanie genów, a teraz syntezę genetyczną, ważną w walce z chorobami zakaźnymi – jednocześnie grożącą nam wszystkim wyginięciem za sprawą nowych narzędzi biotechnologii.

Do niedawna komputery były potężne, bo czyniły nas potężnymi. Tak jak mój apple IIe były wszechstronnymi narzędziami – naszymi narzędziami, kontrolowanymi przez nas i dla nas pracującymi. Powiększały możliwości ludzkiego intelektu, a więc ludzką moc. Czasami czujemy, że nas ogłupiły, i w pewnym sensie może tak jest, podobnie jak jazda samochodem zamiast biegania na dłuższą metę osłabia. Jednak człowiek w samochodzie z łatwością wyprzedzi najszybszego biegacza w dziejach – ja zaś jestem o wiele mądrzejszy z iPhone'em i wszystkimi jego funkcjami w ręku, niż gdybym miał radzić sobie sam.

Co jednak się stanie, jeśli gwałtowny wzrost mocy obliczeniowej zacznie wzbogacać inteligencję nie ludzką, lecz sztuczną? Co się stanie, jeśli stracimy kontrolę nad maszynami leżącymi u podwalin świata, jaki znamy? Co się stanie, jeśli nasze narzędzia zyskają własny umysł – niewyobrażalnie potężniejszy od naszego?

Możliwe, że czeka nas to, co każdą przestarzałą technologię – lamus.

Nie ma prostej definicji sztucznej inteligencji (SI). Naukowcy nie mogą się zgodzić w kwestii tego, co odróżnia „prawdziwą SI" od bardzo szybkiego i efektywnego programu komputerowego. Ale spróbujmy takiej: inteligencja to zdolność do prawidłowego postrzegania swojego otoczenia i podejmowania działań maksymalizujących prawdopodobieństwo osiągnięcia danych celów. Nie oznacza bycia mądrym w znaczeniu posiadania wiel-

kiego zapasu wiedzy albo zdolności do rozwiązywania złożonych działań matematycznych. Mój raczkujący syn nie wie, że jeden plus jeden to dwa, a w chwili gdy piszę te słowa, jego zasób słownictwa ogranicza się do podnieconego okrzyku „PIES!”, wznoszonego za każdym razem, gdy zobaczy jakiegoś czworonoga mniej czy bardziej pokrytego futrem (raczej nie stawiałbym na niego w dorocznym ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge, czyli mistrzostwach świata w analizie obrazu przez komputery). Ale kiedy wpełza do kuchni i znajduje sposób, by sięgnąć na szafkę i ściągnąć ciasteczko, postrzega swoje otoczenie oraz manipuluje nim, aby osiągnąć cel – nawet jeśli w tym przypadku tym celem jest po prostu dostarczenie sobie cukru. To właśnie przebłysk inteligencji, zdolności widzianej dotychczas tylko u istot żywych – zwłaszcza ludzi.

Komputery już teraz przetwarzają informacje znacznie szybciej od nas. Potrafią zapamiętać znacznie więcej, przy czym wspomnienia te nie znikają z czasem, są przywoływane bez opóźnienia, bez zmęczenia, bez błędów. To nie nowość. Jednak w ostatnich latach rewolucja komputerowa stała się rewolucją w dziedzinie sztucznej inteligencji. SI już dziś miażdży nas w grach takich jak szachy albo go, które długo uważano za niezawodne oznaki inteligencji. Potrafią – z drobnymi błędami – natychmiast rozpoznać, co jest na obrazie. Grają na giełdzie lepiej od brokerów. Potrafią prowadzić rozmowy za pomocą tekstu niemal równie dobrze jak ludzie. Potrafią odróżnić kłamstwo od prawdy, patrząc na twarz mówiącego. Potrafią zrobić bardzo wiele z tego, co my – i to lepiej.

Sztuczne inteligencje przede wszystkim uczą się uczyć. Mój stary apple IIe był maszyną wielofunkcyjną w tym sensie, że mógł wykonywać najróżniejsze programy, jednak robił przy tym tylko to, co nakazywał mu kod – napisany przez człowieka. Jednak SI starają się być wielofunkcyjnymi maszynami *uczącymi się*, pochłaniającymi dane terabajtami, analizującymi

je i wyciągającymi wnioski, które służą jej celom – czy to wygrywaniu w StarCraft II, czy pisaniu przebojów elektronicznej muzyki tanecznej (jedno i drugie potrafi już dziś) [4]. To rzeczy, które robią też ludzie, jednak ponieważ SI potrafi wykorzystać znacznie więcej danych, niż mógłby mieć ludzki umysł, oraz przetworzyć je o wiele prędzej, niż człowiek byłby zdolny myśleć, jest w stanie uczyć się znacznie szybciej i dokładniej niż ludzie. Chwilowo takie uczenie się dotyczy na ogół bardzo wąskich dziedzin, ale jeśli uda się je pogłębić, sztuczna inteligencja może rzeczywiście zasłużyć na swoją nazwę. A jeśli to się stanie, przestanie być narzędziem jedynie dwunogich naczelnych, panujących dziś na naszej planecie. Stanie się – na ulotną chwilę – równa nam. Potem zaś szybko – bo sztuczna inteligencja jest we wszystkim bardzo szybka – nas przewyższy. Jesteśmy inteligentni – w końcu *Homo sapiens* znaczy „człowiek rozumny” [5]. Jednak SI może się stać superinteligentna.

Wdrapaliśmy się na szczyt łańcucha pokarmowego nie dlatego, że jesteśmy silniejsi lub szybsi od innych zwierząt, tylko dlatego, że jesteśmy mądrzejsi. Jeśli stracimy prymat w tej dziedzinie, możemy być zdani na łaskę i niełaskę superinteligentnej SI dokładnie tak, jak zagrożone wyginięciem goryle zależą od nas. Podobnie zaś jak spowodowaliśmy wymarcie niezliczonych gatunków nie z nienawiści czy nawet nie umyślnie, ale dlatego, że potrzebowaliśmy przestrzeni i zasobów, które zajmowały – superinteligentna sztuczna inteligencja może zakończyć nasze istnienie tylko dlatego, że będziemy przeszkadzać jej w osiągnięciu celów. Nie bylibyśmy w stanie się jej oprzeć, tak jak nawet najsilniejszy goryl nie poradzi sobie z nami.

Jako czytelnicy niniejszej książki z pewnością słyszeli Państwo przestrogi. Założyciel Tesli i SpaceX nazwał sztuczną inteligencję największym zagrożeniem dla naszej cywilizacji [6], a próby stworzenia ogólnej SI –

wywoływaniem demonów [7]. Nieodżałowany Stephen Hawking powiedział, że „powstanie pełnej sztucznej inteligencji może być końcem rodzaju ludzkiego” [8]. Na długo przed tym, zanim prawdziwa SI była w ogóle możliwa, opowiadaliśmy sobie straszne historie o buncie inteligentnych maszyn obalających swych twórców – dzieje się tak w *Terminatorze*, *Matrixie*, *Battlestar Galactica*, *Westworldzie*. Zagrożenie egzystencjalne istnieje jako dziedzina zainteresowań akademickich głównie za sprawą lęku przed sztuczną inteligencją. Wszystkie istotne instytucje badawcze w tej dziedzinie – Instytut Przyszłości Ludzkości (FHI), Instytut Przyszłości Życia (FLI), Centrum Badań Zagrożeń Egzystencjalnych (CSER) – stawiają SI w centrum swojej pracy. Na przykład CSER zrodził się, gdy współtwórca Skype’a Jaan Tallinn powiedział we współdzielonej taksówce filozofowi Huw Price’owi z Cambridge, że uważa, iż istnieje równie duże prawdopodobieństwo, że zginie w wypadku z udziałem sztucznej inteligencji, jak że umrze na serce albo raka [9]. Nie jest osamotniony w tym poglądzie.

SI to największe źródło zagrożenia egzystencjalnego, ponieważ nasza zagłada dokonałaby się rękoma dzieła będącego ukoronowaniem ludzkiego intelektu. Jest jednak także najważniejszym źródłem tego, co niektórzy nazywają egzystencjalną nadzieją – odwrotności zagrożenia [10]. Nasza wrażliwość na zagrożenia egzystencjalne – naturalne albo antropogeniczne – sprowadza się głównie do inteligencji. Może nie jesteśmy dość bystrzy, by zmienić kierunek olbrzymiej asteroidy, nie umiemy też jeszcze powstrzymać supererupcji. Wiemy, jak zapobiec wojnie jądrowej, ale nie mamy dość mądrości, by zagwarantować sobie, że rakiety nigdy nie zostaną wystrzelone. Nie jesteśmy jeszcze na tyle inteligentni, by opracować czyste, a niezwykle tanie źródła energii, zdolne wyeliminować ryzyko zmian klimatu przy jednoczesnym zagwarantowaniu każdej osobie na planecie poziomu życia, na jaki zasługuje. Nie potrafimy wytępić zagrożenia ze strony chorób

zakaźnych ani zaprojektować biologicznych środków obronnych, które unieszkodliwiałyby genetycznie modyfikowane patogeny. Nie jesteśmy dość zmyślni, by przechytrzyć śmierć – naszą ani naszego gatunku.

Jeśli jednak SI stanie się tym, czego spodziewają się jej najbardziej zagorzali zwolennicy – nie zwykłą sztuczną inteligencją, ale superinteligencją – wszystko będzie możliwe. Będziemy mogli skolonizować gwiazdy, żyć wiecznie po załadowaniu swojej świadomości do wirtualnego raju, zlikwidować cały ból i udręki nieodłącznie związane z ludzkim istnieniem. Zamiast egzystencjalnej katastrofy możemy stworzyć tak zwaną egzystencjalną eukatastrofę – nagły gwałtowny wzrost wartości [11]. Jedyną przeszkodą jest inteligencja, a na naszej drodze postawiły ją ewolucja i biologia. Jednak krzemowe twory ludzkich rąk, wolne od takich ograniczeń, mogłyby tego dokonać – i zabrać nas ze sobą.

Nic dziwnego, że luminarz Doliny Krzemowej Sundar Pichai, prezes Google'a, powiedział, że SI będzie odkryciem ważniejszym niż „elektryczność albo ogień" [12]. Popyt na specjalistów od sztucznej inteligencji jest dziś tak wielki, że mogą liczyć nawet na pięćset tysięcy dolarów rocznej pensji świeżo po studiach [13]. Wojska wielu krajów świata – przede wszystkim amerykańskie i chińskie – wydają miliony na kierowane przez SI samodzielne systemy uzbrojenia, które mogłyby zmienić naturę wojny niemal tak fundamentalnie jak niegdyś bomby atomowe. Każda firma z sektora high-tech chce dziś działać w branży sztucznej inteligencji – Facebook i Uber ściągnęły sporą część najlepszych absolwentów uniwersytetów. W 2018 roku Google przemianował swój dział badań i rozwoju na po prostu Google AI [14]. Czy to przy budowie sieci społecznościowej, czy przy syntezie leków, czy przy projektowaniu bezzałogowego samochodu, badania w tym sektorze coraz bardziej skupiają się na SI, reszta to zwykła inżynieria.

Firmy te wiedzą, że nagroda za pierwsze miejsce w wyścigu do prawdziwej sztucznej inteligencji może być nieskończona. I nie owijajmy w bawełnę – to jest wyścig. Korporacje i kraje mające najlepszą SI będą mogły zdominować resztę świata. Dlatego właśnie jeszcze do niedawna niewiele uwagi poświęcano zagadnieniom bezpiecznego rozwoju sztucznej inteligencji – minimalizującego zagrożenie egzystencjalne, a maksymalizującego egzystencjalną nadzieję. To tak, jakbyśmy na początku lat czterdziestych wszyscy próbowali wymyślić bombę atomową przed innymi. Podobnie też jak naukowcy, którzy zebrali się przed świtem 16 lipca 1945 roku na pustyni Nowego Meksyku, nie wiemy do końca, jakie będą konsekwencje naszego odkrycia – wśród nich może być koniec świata.

Oppenheimer, Fermi oraz cała reszta mogli tylko czekać i patrzeć, co zrobi Trinity. My jednak możemy aktywnie wpływać na to, jak rozwinie się SI. Właśnie dlatego eksperci od zagrożeń egzystencjalnych mają na jej punkcie taką obsesję – ze wszystkich zagrożeń dla ludzkości to na nią mamy największy wpływ. Możemy liczyć na obrócenie katastrofy w eukatastrofę. To też wyścig – wyścig z czasem. Chodzi o to, by opracować narzędzia pozwalające zapanować nad SI, nim wyrwie nam się spod kontroli. Stawką może być życie lub śmierć przyszłości.

To właśnie sztuczna inteligencja: przyczyna i rozwiązanie wszystkich zagrożeń egzystencjalnych. Jak napisał Hawking w swojej ostatniej książce, wydanej już po jego śmierci: „Nastanie sztucznej superinteligencji może się okazać bądź to najlepszą, bądź najgorszą rzeczą, jaka przydarzyła się ludzkości na przestrzeni jej dziejów” [15].

O ile oczywiście nie okaże się, że superinteligentna SI to tylko fantastyka. To też odróżnia sztuczną inteligencję od innych zagrożeń egzystencjalnych. Wiemy, że ocieplamy klimat. Wiemy, że możemy zwiększyć zjadliwość zarazków. Wiemy też, że istnieje nuklearny guzik. Ale sztuczna

superinteligencja może być poza naszym zasięgiem przez kolejne stulecia. Może być w ogóle niemożliwa. Powinno to albo dodać nam otuchy, albo nas zaniepokoić – bo jeśli jest jedna rzecz, która pozostała niezmienna w ciągu kilkudziesięciu lat historii SI, to fakt, że każda prognoza na jej temat niemal na pewno okaże się błędna.

W 1956 roku grupa badaczy z dziedziny sieci neuronowych oraz badań nad inteligencją zebrała się w College'u Dartmoutha. Ściągnął ich tam najbardziej ambitny letni projekt w dziejach. Jak powiedzieli swoim fundatorom z Fundacji Rockefellera: „Podjęta zostanie próba nauczenia maszyn korzystania z języka, formułowania abstrakcji i koncepcji, rozwiązywania problemów dziś zastrzeżonych dla ludzi oraz rozwijania samych siebie. Uważamy, że jeśli odpowiednio wyselekcjonowana grupa naukowców wspólnie poświęci temu celowi całe lato, można dokonać znacznych postępów w odniesieniu do przynajmniej jednego z tych zagadnień" [16] (a Państwo co robili w wakacje?).

Okazało się, że w ramach projektu nie udało się wymyślić, jak sprawić, by maszyny komunikowały się za pomocą języka albo samodoskonaliły. Te dwa wyzwania do dziś stanowią problem dla badaczy SI. Jednak warsztaty pomogły rozpocząć pierwszy boom w dziedzinie sztucznej inteligencji, a naukowcy hurmem ruszyli tworzyć oprogramowanie przesuwające granice możliwości komputerów.

Były to programy zdolne do dowodzenia twierdzeń logicznych, rozwiązywania rachunków różniczkowych, a nawet okropnych gier słownych. Jednym z najsłynniejszych była Eliza – program przetwarzający język naturalny i odpowiadający tonem udającym rogersowskiego pasywnego psychoterapeutę. Stworzona w latach 1964–1966 przez Josepha Weizenbauma w Laboratorium Sztucznej Inteligencji MIT Eliza pozwalała użytkownikom

na rozmowę z podróbką terapeuty najprostszego typu – takiego, który na każde zdanie pacjenta odpowiada pytaniem („Mam problemy z matką”. „Jak się z tym czujesz?”). Weizenbaum zaprojektował ją, by pokazać, jak powierzchowna była wówczas komunikacja między ludźmi a maszynami – co jednak nie powstrzymało użytkowników, w tym jego własnej sekretarki, przed dzieleniem się z programem swoimi tajemnicami. Stworzenie SI zdolnej do w pełni swobodnej rozmowy z człowiekiem było jednak świętym Graalem badań nad sztuczną inteligencją od czasu, gdy wyodrębniły się one jako dziedzina.

W 1950 roku angielski matematyk i informatyk Alan Turing wymyślił „grę w naśladownictwo”, dziś lepiej znaną jako test Turinga. W ramach gry człowiek prowadzi za pośrednictwem tekstu rozmowę z dwoma interlokutorami – jednym jest inny człowiek, drugim program komputerowy. Oceniający nie wie, z kim rozmawia, a jeśli nie będzie w stanie tego stwierdzić na podstawie otrzymywanych odpowiedzi, maszyna zda test. Do dziś jest to bardzo popularny wskaźnik poziomu rozwoju sztucznej inteligencji – co roku odbywa się turniej o Nagrodę Loebnera, w którym boty czatowe próbują zdać test Turinga – jednak był też krytykowany za ograniczony zakres sprawdzanych zdolności oraz antropocentryzm. Jeśli chcieli Państwo kiedyś zadusić bota z serwisu obsługi klienta, podziękowania proszę słać Turingowi – przy okazji można mu też od razu podziękować za złamanie kodu Enigmy i przyczynienie się do zwycięstwa nad nazizmem w II wojnie światowej.

Turing przewidywał, że w 2000 roku komputer wyposażony w sto dwadzieścia osiem megabajtów pamięci (według standardów z 1950 roku wartość kolosalną) będzie miał siedemdziesiąt procent szans na wygraną w grze w naśladownictwo. Mylił się pod oboma względami. W 2000 roku komputery miały znacznie więcej pamięci niż tylko sto dwadzieścia osiem

megabajtów – dziś ledwie wystarczyłoby to na cyfrową kopię podwójnego albumu Pink Floyd *The Wall* – ale i tak nie potrafiły zdać jego testu. W ostatnich latach radzą sobie w nim trochę lepiej, jednak nie mamy pojęcia, czy to dlatego, że bardziej przypominają ludzi, czy też uzależnieni od ekranów i smartfonów ludzie bardziej przypominają boty [17].

Alan Turing zawsze miał świadomość, że jego test to bardziej gra niż niepodważalny naukowo probierz inteligencji. Uważał jednak stworzenie autentycznej sztucznej inteligencji za możliwe. Przewidywał, że kiedy już to się stanie, nasze miejsce na tej planecie zmieni się na zawsze. W 1951 roku pisał: „Kiedy zacznie działać metoda myślenia maszynowego, szybko przewyższy nasze mizerne zdolności. Maszynom nie groziłaby śmierć, mogłyby też naradzać się ze sobą, by jeszcze wyostrzać swe umysły. Powinniśmy się zatem spodziewać, że na jakimś etapie przejmą kontrolę” [18].

Turing nie dożył pierwszego boomu SI. Zmarł w 1954 roku, prześladowany przez brytyjskie władze za homoseksualizm [19]. Jednak jego wizja ultrainteligentnych maszyn przetrwała. W 1965 roku jego dawny kolega Irving J. Good pociągnął tę myśl dalej, zarysowując koncepcję nazywaną dziś eksplozją inteligencji. Pisał:

> Niech ultrainteligentna maszyna zostanie zdefiniowana jako maszyna zdolna przewyższyć we wszystkich czynnościach intelektualnych każdego człowieka, niezależnie od jego mądrości. Ponieważ projektowanie maszyn należy do tych czynności, ultrainteligentna maszyna byłaby w stanie zaprojektować jeszcze lepsze maszyny; dokonałaby się zatem bez wątpienia „eksplozja inteligencji”, w której intelekt ludzki zostałby daleko w tyle. Tak więc pierwsza ultrainteligentna maszyna stanie się ostatnim wynalazkiem, jaki będą musieli stworzyć ludzie – zakładając, że będzie dość potulna, by powiedzieć nam, jak utrzymać nad nią kontrolę [20].

Akapit ten zawiera wszystko, co trzeba wiedzieć o sztucznej inteligencji jako zagrożeniu egzystencjalnym – oraz egzystencjalnej nadziei. Zostaje wynaleziona maszyna bardziej inteligentna od człowieka. Podobnie jak ludzie dąży do samodoskonalenia, do bycia mądrzejszą i lepszą. Różnica polega na tym, że może ulepszać swoje oprogramowanie i sprzęt bezpośrednio, budując usprawnione wersje samej siebie, ludzie zaś mają tylko swoje mózgi o objętości około 1,2 litra [21], poddające się zmianie jedynie za pomocą bardzo powolnego procesu ewolucji. SI poświęciłaby się tak zwanemu rekursywnemu samodoskonaleniu – ulepszaniu swojej zdolności do ulepszania się – i w ten sposób tworzyła coraz mądrzejsze aparaty szybciej od ludzkiej myśli i bez przewidywalnego końca. To właśnie eksplozja inteligencji. Jak pisał Good, jeśli utrzymamy ją pod kontrolą, nigdy nie będziemy potrzebowali wymyślać czegokolwiek innego, bo nasza wiecznie ulepszająca się SI zrobi to o wiele lepiej niż my, byle ludzie.

Good rozpoczął artykuł od tych słów: „*Przetrwanie* [podkreślenie moje – B.W.] człowieka zależy od szybkiego zbudowania ultrainteligentnej maszyny”. Pisał zaledwie kilka miesięcy po kryzysie kubańskim, kiedy samozagłada rodzaju ludzkiego wydawała się prawdopodobna, a przekazanie kontroli sztucznej inteligencji – roztropne. To właśnie nadzieja egzystencjalna. Warto jednak zauważyć, że – jak ujawnia James Barrat w swojej książce *Our Final Invention* – w 1998 roku Good napisał nigdy nieopublikowane wspomnienia, w których stwierdza, że być może po latach powinno tam stać: „*Wyginięcie* [podkreślenie moje – B.W.] człowieka zależy od szybkiego zbudowania ultrainteligentnej maszyny” [22]. I tu mamy zagrożenie egzystencjalne.

Wielu badaczy SI uważało wówczas, że taka ultrainteligentna maszyna powstanie lada dzień. Jednak na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych rozwój sztucznej inteligencji wpadał w jeden ślepy zaułek po

drugim. Fundusze przestały płynąć, nastała pierwsza „zima SI” – okres braku finansowania i zainteresowania. Zagadnienie doczekało się renesansu w latach osiemdziesiątych, ale bańka znów pękła – to była druga „zima SI”. Niemal wszystkie dziedziny technologii podlegają cyklowi ekscytacji i rozczarowania, bo wczesne badania nieodmiennie nie są w stanie spełnić swoich obietnic [23], jednak dziedzina sztucznej inteligencji przeszła wyjątkowo ekstremalne wzloty i upadki.

Po części wynika to z trudności określenia, czym tak naprawdę jest sztuczna inteligencja. Badacze ze smutkiem zauważają, że za każdym razem, gdy tylko SI osiągnie coś uważanego wcześniej za wyznacznik prawdziwej inteligencji, osiągnięcie to natychmiast traci na powadze *właśnie dlatego*, że potrafią to teraz maszyny [24]. Weźmy szachy – sam Turing uważał, że tylko prawdziwie inteligentna maszyna mogłaby pokonać najlepszych szachistów świata [25]. A jednak mimo że skonstruowany przez IBM Deep Blue pokonał mistrza świata Garriego Kasparowa ponad dwadzieścia lat temu, roboapokalipsa wciąż jeszcze nie nadeszła. Jak powiedział w 2002 roku badacz sztucznej inteligencji Rodney Brooks: „Za każdym razem, gdy uda nam się rozwiązać jakiś element tego problemu, znika jego czar. Mówimy: »A, to tylko obliczenia«” [26].

W ostatnich latach trochę się to zmieniło, ponieważ osiągnięcia mocy obliczeniowej naprawdę zdają się nie do odróżnienia od magii. Weźmy na przykład uczenie maszynowe – tworzenie algorytmów (czyli zestawów reguł, których musi się trzymać komputer) gromadzących dane ze świata rzeczywistego, analizujących je i uczących się na ich podstawie. Przykładem jest tu program rekomendujący filmy na Netflixie. Uczący się maszynowo algorytm tej usługi streamingowej kompiluje dane generowane przez użytkowników oglądających filmy i seriale, potem przydziela im wagę i podaje rekomendowane tytuły dla kategorii „Pogodne filmy taneczne”

albo „Latynoamerykańskie filmy o zakazanej miłości” (obie kategorie naprawdę istniały na platformie [27]). Im częściej dany użytkownik ogląda filmy – a przeciętny amerykański użytkownik Netflixa korzysta z niego dziesięć godzin tygodniowo [28] – tym więcej generuje danych i tym bieglej może go obsłużyć algorytm rekomendacji.

Kluczem są tu dane. Algorytm uczenia maszynowego potrzebuje ich, by stawać się mądrzejszy – i to w olbrzymich ilościach, rzędu terabajtów i petabajtów. Jeszcze całkiem niedawno danych było niewiele. Były albo uwięzione w mediach takich jak książki, których komputer nie może łatwo odczytać, albo zwyczajnie niezapisane. Jednak internet – a zwłaszcza internet mobilny stworzony przez smartfony – kompletnie to zmienił. Jak dziś wiemy, i czasem żałujemy, bardzo niewiele z tego, co robimy jako osoby, firmy albo nawet państwa, pozostaje niezauważone przez sieć. W 2018 roku *każdego dnia* powstawało dwa i pół tryliona bajtów danych – żeby je zapisać, trzeba by 3,6 miliarda starych płyt CD-ROM [29]. Liczba ta na dodatek stale rośnie – według niektórych wyliczeń generujemy ich teraz więcej w ciągu jednego roku niż przez całą historię ludzkiej cywilizacji [30]. Czym dla XX wieku była ropa, tym dla XXI stulecia są dane – surowcem napędzającym cały świat. Nic dziwnego, że firmy technologiczne takie jak Facebook albo Google są gotowe na wszystko, byle tylko położyć na nich ręce.

Uczenie maszynowe ma jednak swoje ograniczenia. Przede wszystkim dane przetwarzane przez algorytm często muszą być najpierw opisane przez ludzi. Algorytm Netflixa nie potrafi sam z siebie drobiazgowo kategoryzować wszystkich filmów i seriali obecnych w katalogu usługi – do tego był potrzebny wysiłek pracowników platformy, którym zapłacono za obejrzenie wszystkiego, co da się na niej obejrzeć, jak donosił w 2014 roku Alexis Madrigal w magazynie „The Atlantic” [31]. Jeśli uczona maszynowo SI popełnia błąd, z reguły musi go poprawić inżynier. Uczenie maszynowe

często przynosi wspaniałe rezultaty, zwłaszcza tam, gdzie algorytm ma do dyspozycji dobrze zaopatrzoną pulę odpowiednio opisanych danych. Nie można jednak rzec, by tworzyło prawdziwą inteligencję.

Czym innym jest głębokie uczenie – gałąź uczenia maszynowego. Pełne wyjaśnienie tego zjawiska wymagałoby znacznie więcej miejsca, niż mamy w tym momencie (i pewnie nieco wyższego IQ niż posiada autor), w gruncie rzeczy chodzi jednak o filtrowanie danych przez sieć równań matematycznych zwanych sztucznymi sieciami neuronowymi, stopniowo wykrywającą elementy obecne w przedstawionym materiale i w końcu przynoszącą jakiś rezultat – na przykład opisany obraz albo ruch w programie szachowym. Mając dość czasu – i danych – SI może się w ten sposób uczyć i doskonalić. Różnica polega na tym, że sieć neuronowa do głębokiego uczenia jest kształtowana nie tyle przez programistów, ile przez same dane. Takie samouctwo pozwala SI na w zasadzie samodzielne pogłębianie swych zdolności z niewiarygodną prędkością i w oszałamiająco nieprzewidywalny sposób. Głębokie uczenie daje nam sztuczną inteligencję, która zdaje się rzeczywiście inteligentna. To dzięki niemu powstały niektóre z najbardziej zdumiewających osiągnięć całej dziedziny.

W 2016 roku zajmujący się sztuczną inteligencją start-up DeepMind, dziś należący do Google’a, zaszokował świat, gdy jego program AlphaGo pokonał południowokoreańskiego mistrza starożytnej gry planszowej go Lee Sedola. Reguły go są prostsze niż szachów, jednak w praktyce znacznie bardziej złożone, ponieważ możliwych pozycji na planszy jest więcej niż atomów we wszechświecie. W przeciwieństwie do szachów go nie pozwala wygrać tylko dzięki pamięci i szybkości obliczeń (Deep Blue pokonał Kasparowa dlatego, że był w stanie błyskawicznie symulować wszystkie potencjalne ruchy i wybrać spośród nich najlepszy, czego nie umie nawet arcymistrz) – właśnie dlatego zwycięstwo AlphaGo było tak zdumiewające.

Program szkolony za pomocą głębokiego uczenia wydawał się jednak wykazywać także prawdziwą kreatywność. W drugiej partii przeciwko Lee wykonał ruch tak niespodziewany, że mistrz musiał wyjść z pokoju na piętnaście minut, by się uspokoić. AlphaGo wygrał cztery z pięciu partii w serii.

Informatyk Stuart Russell nazwał zdarzenia takie jak zwycięstwo AlphaGo momentami „o kurwa" dla rozwoju sztucznej inteligencji. Było ich więcej [32]. Pierwszy AlphaGo został zaprogramowany przy użyciu milionów wcześniej rozegranych partii – a zatem jego sukces powstał na fundamencie ludzkiego doświadczenia. W 2017 roku DeepMind stworzył program, który dostał tylko reguły gry w go i nic więcej. AlphaGo Zero doskonalił się, grając sam ze sobą miliony partii – proces taki to „uczenie się ze wzmocnieniem" – aż po zaledwie trzech dniach takiego treningu pokonał oryginalne, szkolone na ludzkim materiale AlphaGo sto do zera [33]. A na dokładkę firma napisała też AlphaZero, bardziej wszechstronną wersję programu, która nauczyła się gry w szachy i siogi (szachy japońskie) w ciągu mniej niż jednego dnia, a potem z łatwością pokonała istniejące programy w obu tych dyscyplinach [34]. Osiągnięcia te to podręcznikowy przykład potęgi oraz szybkości rekursywnego samodoskonalenia oraz głębokiego uczenia. „Sztuczne inteligencje działające na podstawie uczenia ze wzmocnieniem mogą osiągnąć znacznie lepsze rezultaty niż te, które opierają się na ludzkim doświadczeniu" – pisał informatyk Satinder Singh w „Nature" [35].

W tym samym roku program Libratus, zaprojektowany przez zespół z Uniwersytetu Carnegiego i Mellonów w Pittsburghu pokonał czterech zawodowych pokerzystów [36]. Poker był kolejną grą, o której sądzono, że jest poza zasięgiem współczesnych sztucznych inteligencji – nie za sprawą potrzebnego poziomu intelektu, ale dlatego, że gracze muszą działać

w sytuacji niepełnej wiedzy o tym, co dzieje się na stole. Dlatego rozgrywka jest bliższa rzeczywistości, co w połączeniu z blefowaniem powinno dać przewagę ludziom. Jeszcze w 2015 roku najlepsi pokerzyści świata pokonali Claudico, wówczas najlepszą SI w tej grze [37]. Ale w 2017 roku Libratus zgarnął bank. Natomiast w 2019 roku AlphaStar, kolejna sztuczna inteligencja DeepMind, pokonała najlepszych ludzi w StarCrafcie II, bardzo skomplikowanej komputerowej grze strategicznej, wymagającej podejmowania wielu decyzji dotyczących długo- i krótkoterminowego planowania w warunkach niedoskonałej informacji [38].

Nie opracowujemy takich rzeczy dla zabawy. Algorytmy medyczne potrafią wykrywać choroby, algorytmy policyjne – przewidywać przestępstwa. Osobiści asystenci cyfrowi, tacy jak Siri albo Alexa, wpisują się coraz lepiej w nasze codzienne życie. W miarę jak ich używamy (i wykonują nasze polecenia), stają się coraz inteligentniejsi. Bezzałogowe samochody – wymagające od SI dokładnej interpretacji obrazów oraz podejmowania decyzji – są już prawie w naszym zasięgu. Roboty poruszają się w skomplikowanym terenie i pokonują próby fizyczne z płynnością, jaka jeszcze kilka lat temu zdałaby się niewiarygodna. Setki specjalistów od sztucznej inteligencji przewidywały w ankiecie przeprowadzonej w 2017 roku, że maszyny staną się lepsze od ludzi w tłumaczeniu do 2024 roku, w pisaniu wypracowań licealnych do 2026 roku, w prowadzeniu ciężarówki do 2027, pracy w sprzedaży detalicznej do 2031, pisaniu bestsellerów do 2049 (oj!), a w chirurgii – do 2053. Eksperci oszacowali na pięćdziesiąt procent prawdopodobieństwo, że w ciągu czterdziestu pięciu lat maszyny przewyższą ludzi we wszystkich zadaniach, a w ciągu następnych stu dwudziestu lat wszystkie prace zostaną zautomatyzowane. Prędzej czy później każdy z nas może być Lee Sedolem [39].

Każdemu wielkiemu technologicznemu skokowi w dziejach towarzyszyły wielkie przemiany społeczne i gospodarcze. W XIX wieku w Wielkiej Brytanii zbuntowali się tak zwani luddyci – tkacze i robotnicy z manufaktur włókienniczych, ponieważ ich źródłom utrzymania zagrażało wprowadzenie maszyn. Mechanizacja zmniejszyła liczbę robotników rolnych potrzebnych na wsi, przez co bezrobotni rolnicy masowo przesiedlali się do miast. Pierwsze samochody wywołały na prowincji tak wielką panikę, że powstały towarzystwa do ich zwalczania – jedno z nich, działające w Pensylwanii, zaproponowało nawet nałożenie na jadących nocą kierowców obowiązku zatrzymania się na dziesięć minut i wystrzelenia racy po każdej przejechanej mili, by piesi zyskali czas na opuszczenie drogi [40]. Niektórzy użytkownicy telefonów początkowo bali się, że przez ich przewody może przeskoczyć ładunek elektryczny [41].

Prędzej czy później wszyscy przystosowujemy się jednak do życia z nową technologią i traktujemy ją potem jako coś normalnego. Wywołująca tak wielki strach krótkoterminowa utrata miejsc pracy z reguły jest łagodzona wzrostem produktywności możliwym dzięki oszczędzającym wysiłku innowacjom. Stajemy się zamożniejsi – przynajmniej w większości.

Ze sztuczną inteligencją jest jednak inaczej. Eksperci od zagrożeń egzystencjalnych być może mają obsesję na punkcie superinteligencji, czyli perspektywy, że SI stanie się o wiele mądrzejsza od ludzi. Ale takie zjawisko nie jest konieczne – zakładając, że w ogóle do niego dojdzie – by sztuczna inteligencja spowodowała znacznie większy zamęt w społeczeństwie niż wszystkie wcześniejsze osiągnięcia techniki. SI może pogłębić bezrobocie oraz nierówności społeczne, zatruć proces wyborczy, a nawet znacznie ułatwić władzom zabijanie obywateli. Jak mówi mi Andrew Maynard, dyrektor

Laboratorium Innowacji w Dziedzinie Ryzyka przy Uniwersytecie Stanowym Arizony:

– Jest utrata miejsc pracy. Są kwestie prywatności. Są sprawy utraty autonomii w związku z działaniem systemów sztucznej inteligencji. Uważam, że jest wiele spraw znacznie bardziej oczywistych niż superinteligencja, które będą miały całkiem poważne konsekwencje dla ludzi, i musimy coś z tym zrobić.

Obecnie Stany Zjednoczone znajdują się w jednym z najdłuższych okresów rozwoju gospodarczego w historii. Mimo to rzeczywiste płace klasy pracującej pozostały w zasadzie niezmienne – a rozprzestrzenienie się sztucznej inteligencji może odgrywać w tym pewną rolę. Badanie z 2018 roku wykazało, że pensje obniżyły się w tych obszarach gospodarki, w których utrwaliła się automatyzacja i wykorzystanie SI [42]. Analiza przeprowadzona przez McKinsey Global Institute oszacowała, że do 2030 roku na skutek automatyzacji może zniknąć osiemset milionów miejsc pracy na świecie [43]. Doświadczenie wskazuje, że w skali ogólnej powinno to być jedynie tymczasowe, póki inwestycje przechodzą z sektorów upadających do rozwijających się – ten sam raport tak naprawdę wskazuje, że zaledwie sześciu procentom miejsc pracy grozi kompletna automatyzacja. Jeśli jednak sztuczna inteligencja jest równie rewolucyjna, jak twierdzą jej najbardziej zagorzali zwolennicy, to przeszłość nie stanowi dobrego probierza tego, co się stanie – może nas czekać stagnacja płac i olbrzymie bezrobocie. To prawda, że SI pracuje, jednak nie jest robotnicą – należy do kapitału i to kapitał ją kontroluje. W miarę jak staje się coraz ważniejszą częścią naszej gospodarki, zyski z niej mogą oznaczać straty dla robotników, a korzyści dla jej właścicieli, co powiększy nierówności społeczne.

Jeśli nie zrobimy niczego, by podzielić się majątkiem tworzonym przez SI, konsekwencje dla społeczeństwa mogą być wybuchowe. Obszar zatoki

San Francisco, gdzie siedzibę ma wiele firm informatycznych, w tym Google i Facebook, może pretendować do tytułu stolicy badań nad sztuczną inteligencją. Chce być regionem wyznaczającym warunki przyszłości. Jest to jednak także miejsce szokującej nierówności dochodów; najbogatsi ludzie świata żyją tam zaraz obok największych nędzników. W raporcie Brookings Institution z 2018 roku San Francisco znalazło się na szóstym miejscu w USA pod względem nierówności. Dolarowa przepaść między najbogatszymi a najbiedniejszymi jest tu tak wielka w dużej mierze dlatego, że ci pierwsi są bogatsi niż gdziekolwiek indziej [44]. W branży zaawansowanych technologii korzyści w olbrzymiej większości płyną do właścicieli firm, a nie wielkich rzesz pracowników. W 2016 roku Apple, Alphabet (właściciel Google'a) oraz Facebook wykazały grubo ponad milion dolarów przychodu na pracownika. Ich łączne przychody – trzysta trzydzieści sześć miliardów dolarów – były wprawdzie znacznie niższe niż trzech najważniejszych koncernów samochodowych z Detroit: Chryslera, General Motors i Forda, w 1996 roku (po uwzględnieniu inflacji), jednak w firmach z tej branży pracuje znacznie mniej osób. Oznacza to, że mniejsza część wartości tych przedsiębiorstw – z której część wytwarza SI – jest wypłacana robotnikom, a większa pozostaje w rękach właścicieli i inwestorów [45].

Być może powinniśmy się lękać nie komputerowych władców, ale właścicieli maszyn [46]. Nie bez powodu niektórzy z najbardziej żarłocznych kapitalistów Doliny Krzemowej zaczęli popierać plany wprowadzenia powszechnego dochodu podstawowego – byłby to sposób na podzielenie się zyskami z coraz bardziej napędzanej kapitałem i technologią gospodarki ze zwykłymi ludźmi (poza tym bez takiego dochodu konsumenci mogą zwyczajnie nie mieć pieniędzy, żeby kupować produkty technologicznych koncernów). Christine Peterson z Foresight Institute – think tanku z Doliny Krzemowej zajmującego się badaniem powstających technologii – wymy-

śliła nawet „Dzień Dziedziczenia”, kiedy to wszyscy żyjący ludzie otrzymaliby równe udziały w tej części kosmosu, do której nikt nie rości sobie praw. Założenie jest takie, że wraz z ludzką ekspansją w kosmos stawałyby się one bardziej wartościowe – to jak przyznawanie osadnikom gruntów na Dzikim Zachodzie, tylko zaadaptowane do ery sztucznej inteligencji [47]. To ekstremalna myśl, ale tak samo jest z wizją ekonomii dokumentnie wypatroszonej przez myślące maszyny.

Krótkoterminowe zagrożenie ze strony SI nie ma wyłącznie natury gospodarczej. Uczenie maszynowe, dzięki któremu sztuczna inteligencja może lepiej podpowiadać filmy do obejrzenia albo grać w gry, może też z niej uczynić niezrównanego mordercę. W 2017 roku Stuart Russell opublikował we współpracy z Instytutem Przyszłości Życia szokujący film, w którym inscenizował osadzony w nieodległej przyszłości scenariusz ataku rojów drobnych mechanicznych dronów, samodzielnie wybierających i mordujących cele za pomocą SI oraz technologii rozpoznawania twarzy [48]. Film jest przerażający, a niemal na pewno niedługo stanie się rzeczywistością. Już dziś mamy zdalnie pilotowane samoloty bezzałogowe przenoszące zabójcze uzbrojenie, jednak autonomiczne systemy bojowe przekazałyby ostateczną decyzję o pociągnięciu za spust sztucznej inteligencji. Całkiem prawdopodobne, że w przyszłości drony będzie można zaprogramować, by zabiły konkretną osobę, na przykład polityka, lub przeprowadziły czystkę etniczną, atakując konkretną grupę rasową. Powstanie takiej broni byłoby trzecią wielką rewolucją w wojskowości – po prochu strzelniczym i bombie atomowej. Mogłyby one pozwolić prowadzić wojnę w sposób dotąd nieznany oraz znacznie ułatwić zabijanie – najpierw państwom, ale prędzej czy później także grupom przestępczym, terrorystom, nawet jednostkom.

Powinno więc niepokoić, że w badania nad sztuczną inteligencją szczodrze inwestują nie tylko prywatne firmy, ale też wojsko. W 2018 roku Pen-

tagon powołał Połączone Centrum Sztucznej Inteligencji (Joint Artificial Intelligence Center) o budżecie 1,7 miliarda dolarów, a Agencja Zaawansowanych Projektów Badawczych Obronności (Defence Advanced Research Projects Agency, DARPA) – wojskowy think tank, który pomógł wynaleźć internet – w tym samym roku ogłosiła rozpoczęcie wartego dwa miliardy dolarów programu badań nad SI [49]. Do najnowszych wojskowych wynalazków należy Project Maven – program wspomagający systemy komputerowe w identyfikacji celów na podstawie nagrań wykonanych z powietrza. Byłoby to bardzo pomocne na przykład przy opracowywaniu dronów samodzielnie wybierających i atakujących cele. Departament Obrony współpracował przy tym projekcie z Google'em, jednak gdy wyszło to na jaw, pracownicy firmy się zbuntowali. Tysiące z nich podpisały list otwarty przeciwko zaangażowaniu informatycznego giganta w Project Maven. W maju 2018 roku Google ogłosił, że nie przedłuży kontraktu z wojskiem [50]. Kilka dni później prezes firmy Sundar Pichai opublikował kolejny list otwarty, w którym obiecywał, że projekty Google'a związane ze sztuczną inteligencją nigdy nie będą wykorzystywane przy budowie broni ani technologii mogących wyrządzić komuś krzywdę [51].

Był to pozytywny znak dla przyszłości SI, zgodny zresztą z odczuciami większości badaczy sztucznej inteligencji – podobnie jak list otwarty do ONZ, podpisany w 2017 roku przez technologicznych luminarzy takich jak Elon Musk albo Demis Hassabis, współzałożyciel DeepMind, w którym nawoływali do zakazania budowy autonomicznych systemów uzbrojenia (to znaczy robotów morderców) [52]. Jednak budżet armii amerykańskiej to siedemset miliardów dolarów. Jeśli Google i jemu podobne firmy nie zechcą pracować nad sztuczną inteligencją dla celów obrony – albo ataku – to z pewnością znajdą się przedsiębiorstwa bardziej skłonne zaczerpnąć z tak głębokiej kieszeni. Zarówno Microsoft, jak i Amazon potwierdziły, że są

gotowe współpracować z Departamentem Obrony w dziedzinie zaawansowanych technologii i sztucznej inteligencji. Prezes Amazona Jeff Bezos powiedział w październiku 2018 roku: „jeśli wielkie firmy informatyczne odwrócą się plecami do Departamentu Obrony, nasz kraj będzie miał kłopoty” [53].

Bezos ma trochę racji. Niezależnie od tego, co postanowią zrobić amerykańskie koncerny technologiczne, Chiny nie ukrywają, że chcą dogonić Stany Zjednoczone w dziedzinie SI – a potem je przegonić. Według jednego z szacunków ChRL wydała w 2017 roku na sztuczną inteligencję dwanaście miliardów dolarów, a do końca 2020 roku przeznaczy na ten cel siedemdziesiąt miliardów [54]. W 2017 roku połowa kapitału zainwestowanego w SI trafiła do Chin [55]. W tym roku kraj ten wydał więcej często cytowanych artykułów badawczych na temat sztucznej inteligencji niż jakikolwiek inny – nawet USA [56].

Część tych pieniędzy wydano na budowę najpotężniejszego i najbardziej naruszającego prywatność oprogramowania do rozpoznawania twarzy. Gdy w 2018 roku pojechałem do Chin przygotować reportaż, uderzyło mnie, jak powszechne są tam podobne systemy – widać je w kolejkach do kontroli lotniskowej, ale też w recepcjach hoteli, w których klient może zapłacić za pobyt za pomocą swojej twarzy [57]. W miastach całego kraju kamery wyposażone w takie oprogramowanie przyglądają się tłumom, by wyłapać poszukiwanych przestępców oraz osoby oskarżone o „naruszanie stabilności” [58]. Chiny wykorzystują SI również do budowy bezprecedensowego systemu „kredytu społecznego”, szeregującego 1,4 miliarda mieszkańców kraju pod względem nie tylko wiarygodności finansowej, ale też „uczciwości społecznej” [59].

Jeśli chińskie władze za pomocą SI zmienią swój kraj w technologiczne państwo orwellowskie – co wydaje się prawdopodobne – będzie to tragedia

dla Chin, a dla bardziej otwartych społeczeństw „śmiertelne zagrożenie”, jak przestrzegał finansista i filantrop George Soros podczas wystąpienia w 2019 roku [60]. Jeszcze bardziej niepokojące dla świata jest ryzyko, że USA i ChRL rozpoczną nowy wyścig zbrojeń, ale w dziedzinie sztucznej inteligencji, nie broni atomowej. Byłby on egzystencjalnym zagrożeniem sam z siebie – nie tylko dlatego, że SI mogłaby zagrozić ludziom, ale też przez to, że nagły, skokowy wzrost możliwości sztucznej inteligencji naruszyłby równowagę sił niezbędną dla utrzymania pokoju między mocarstwami nuklearnymi.

Wyobraźmy sobie na przykład, że Stany Zjednoczone opracowały zaawansowaną wojskową sztuczną inteligencję, zdolną zdalnie rozbroić chiński arsenał jądrowy. Nawet gdyby taka technologia nie została wykorzystana – nawet gdyby nie było choćby groźby jej wykorzystania – Pekin znalazłby się w położeniu, w którym mógłby poczuć, że musi uderzyć na Amerykę, zanim nowa komputerowa broń zostanie zmobilizowana. Wzajemna gwarancja zniszczenia działa tylko wtedy, gdy obie strony utrzymują względną równość technologiczną. SI grozi jej obaleniem.

– Sztuczna inteligencja przystosowana do celów wojskowych to broń masowej zagłady – mówi Roman Yampolskiy, informatyk z Uniwersytetu w Louisville i badacz zagrożeń związanych z cybernetycznym intelektem. – Wyścig zbrojeń w dziedzinie SI prawdopodobnie doprowadzi do egzystencjalnej katastrofy dla ludzkości.

Walka to jednak tylko najbardziej oczywisty sposób wykorzystania sztucznej inteligencji do złych celów – a często niełatwo je odróżnić od zastosowań pożytecznych. W lutym 2018 roku czternaście instytucji – w tym Instytut Przyszłości Ludzkości oraz Centrum Badań Zagrożeń Egzystencjalnych – wspólnie przygotowało stustronicowy raport o możliwościach szkodliwego zastosowania SI. Szczególnie zwrócono w nim uwagę

na możliwość przyspieszenia procesu wyłudzania haseł (phishingu) za pomocą automatyzacji – zamiast jednego oszusta udającego nigeryjskiego księcia z palącą potrzebą przekazania adresatowi pieniędzy phishingowa SI może wysyłać nieskończony strumień maili, a za pomocą uczenia ze wzmocnieniem doskonalić je, aż ktoś połknie haczyk. Sztuczna inteligencja wkrótce będzie w stanie hakować szybciej i lepiej od ludzi, a także szerzyć propagandę, tworząc fotomontaże oraz fałszywe nagrania niedające się odróżnić od rzeczywistości. Podobnie zaś jak biotechnologia, jest technologią podwójnego przeznaczenia – te same jej osiągnięcia można wykorzystać w dobrym lub złym celu – co utrudnia tworzenie przepisów. W nieodległej przyszłości – może już w 2020 roku – będziemy wspominać rosyjskich hakerów z 2016 roku jako test wersji beta, jako Trinity przed Hirosimą, którą stanie się SI [61].

Wizja przypadkowej wojny atomowej wywołanej przez sztuczne inteligencje jest koszmarna. Tak naprawdę jednak powinno przerażać nas to, że w sumie nie rozumiemy systemów SI, które dziś wykorzystujemy. Nie mam tu na myśli tego, że zwykli ludzie wpisują w Google'a „sztuczna inteligencja przejmuje władzę" – nie, chodzi mi o ekspertów. To, co czyni głębokie uczenie tak potężnym, powoduje też, że jest kompletnie nieprzejrzyste. Sztuczna sieć neuronowa może mieć setki warstw, składające się na miliony czy nawet miliardy parametrów, dopracowywanych na bieżąco przez algorytm próbujący wyciągać wnioski z przetwarzanych danych. To proces tak skomplikowany, że nawet autorzy programów nie są w stanie powiedzieć, dlaczego dana SI podejmuje jakąś decyzję. Przypomnijcie sobie Państwo mecz AlphaGo z Lee Sedolem, gdy program wykonał posunięcie, które kompletnie zaszokowało arcymistrza. Nikt – nawet autorzy AlphaGo z DeepMind – nie potrafił wytłumaczyć, dlaczego SI zrobiła to, co zrobiła.

Oczywiście nie umiała tego też sama AlphaGo, bo ona nie tłumaczy, tylko działa.

Jednak SI potrafi popełniać błędy. Algorytm Google'a podstawiający podpisy do zdjęć regularnie brał osoby o innym niż biały kolorze skóry za goryle [62]. Urządzenie Amazon Alexa zaproponowało pornografię, gdy dziecko poprosiło je o piosenkę [63]. Bot czatowy Microsoftu Tay zaczął rzucać rasistowskie hasła po mniej niż dwudziestu czterech godzinach szkolenia na Twitterze [64]. Najgorsza ze wszystkiego była sytuacja, gdy w marcu 2018 roku bezzałogowe auto Ubera w trakcie jazdy próbnej przejechało kobietę. Był to pierwszy raz, kiedy taki samochód spowodował śmierć przechodnia. Wykrył wprawdzie ofiarę sześć sekund przed kolizją, jednak jego algorytm autopilota uważał ją za nieznany obiekt, dopóki nie było za późno, by zahamować [65].

Niektórzy przedstawiciele branży samochodów bezzałogowych, tacy jak Elon Musk z Tesli, postulują, by te wczesne problemy z technologią postawić w odpowiednim kontekście – żywi kierowcy powodują wypadki ze skutkiem śmiertelnym właściwie cały czas [66]. W 2017 roku w samych Stanach Zjednoczonych zginęły w nich 37 133 osoby, czyli mniej więcej jedna na każde piętnaście minut [67]. Musk ma trochę racji, jednak błąd w algorytmie sztucznej inteligencji jest fundamentalnie odmienny od błędu ludzkiego. Jeden zły kierowca może zabić najwyżej parę osób, ale pomyłka w kodzie jakiejś SI może być powielona w całej branży i spowodować znacznie większe szkody. Sztuczna inteligencja IBM Watson for Oncology trafiła do setek szpitali, w których podpowiadała, jak leczyć pacjentów z rakiem. Jednak algorytm przeszkolono na niewielkiej próbie hipotetycznych przypadków, bez wkładu żywych onkologów. Jak w 2018 roku doniósł portal STAT News, terapie rekomendowane przez Watsona często były błędne – na przykład pacjentowi z poważnym krwawieniem polecił lek tak

przeciwwskazany w przypadku podobnych objawów, że ostrzeżenie na pudełku ujęto w czarną ramkę [68].

Nie ma technologii niezawodnej, zwłaszcza na wczesnym etapie rozwoju. Ale zerwanie się mostu albo katastrofa samolotu z reguły pozwala ekspertom na analizę szczątków i jednoznaczne stwierdzenie, co poszło nie tak. W przypadku SI często tak się nie dzieje. Na ważnej konferencji branżowej w 2017 roku Ali Rahimi, badacz sztucznej inteligencji z Google'a, otrzymał czterdziestosekundową owację na stojąco, gdy porównał SI nie do elektryczności albo ognia, jak jego szef Sundar Pichai, tylko do średniowiecznej alchemii. Alchemia przyniosła wiele ważnych odkryć naukowych, w tym osiągnięcia podstawowe dla rozwoju metalurgii, jednak alchemicy nie potrafili wytłumaczyć w naukowy sposób, *dlaczego* to, co robili, działało, kiedy działało. Rahimi stwierdził, że badacze SI są dziś bliżsi alchemikom niż naukowcom [69].

O ile większość badaczy sztucznej inteligencji sprzeciwia się koncepcji autonomicznego uzbrojenia, o tyle w ich dziedzinie nie ma zbyt wielu przepisów. Wymowne jest tu porównanie do biotechnologii. Broń biologiczna jest zakazana prawem międzynarodowym. Na uniwersytetach funkcjonują komisje etyczne, które przyglądają się prowadzonym w naukach przyrodniczych eksperymentom i odrzucają projekty nietrzymające się wyznaczonych standardów. Narodowe instytuty zdrowia prowadzą wydział bioetyki, w którym dogłębnie rozważa się kierunki i metody badań medycznych. Nie wspominając już, że w ogóle istnieje taka instytucja jak NIH. Biologów uczy się etyki naukowej oraz bezpieczeństwa pracy laboratoryjnej. Właśnie dlatego, gdy któryś z przedstawicieli dziedziny przeciwstawia się jej zasadom – tak jak chiński naukowiec zmieniający kod genetyczny ludzkich embrionów – wzbudza to oburzenie.

Etyka w dziedzinie SI jest natomiast w powijakach. Nie istnieje tu odpowiednik NIH, nie ma istotniejszych niezależnych komisji etycznych nadzorujących eksperymenty. Co prawda, istnieje międzynarodowy ruch na rzecz zakazu rozwoju autonomicznego uzbrojenia, ale nie przełożył się on jeszcze na akty prawne – proponowany traktat w 2018 roku został zawetowany przez wiele krajów, w tym Stany Zjednoczone i Rosję [70].

Nadchodzą pewne zmiany na lepsze. Brent Hecht to młody informatyk z Uniwersytetu Północnozachodniego oraz przewodniczący Future of Computing Academy, największego na świecie stowarzyszenia informatyków. Uważa, że recenzenci z magazynów akademickich oceniający artykuły na temat informatyki i SI powinni brać pod uwagę społeczne konsekwencje danych badań, a nie tylko ich wartość intelektualną. Może się wydawać, że to niewiele, ale w tej dziedzinie byłby to precedens. „Informatyk nie przejmuje się rozważaniem i przedstawianiem konsekwencji swoich badań, bo nie uczono nas myśleć o takich sprawach – powiedział Hecht magazynowi »Nature«. – To jakby eksperyment medyczny podsumować stwierdzeniem: »Patrzcie, wyleczyliśmy tysiąc osób«, nie wspominając przy tym, że u pięciuset z nich wywołał nowe choroby".

Wielkie firmy informatyczne też zaczynają zwracać na to uwagę. Gdy w 2014 roku Google wykupił DeepMind, start-up nalegał na stworzenie komisji etyki dla SI, żeby jego praca „pozostała pod rzeczywistą ludzką kontrolą i była wykorzystywana do celów społecznie pożytecznych" [71]. W 2017 roku Instytut Przyszłości Życia zwołał ważną konferencję w ośrodku Asilomar Conference Grounds w Kalifornii, gdzie ponad czterdzieści lat temu spotkali się biolodzy omawiający etyczne strony badań nad rekombinacją genetyczną. Jej owocem były zasady z Asilomar – wytyczne, które mają poprowadzić branżę w kierunku pożytecznej, przyjaznej sztucznej inteligencji [72]. W 2019 roku Facebook wydał siedem i pół miliona dola-

rów na swój pierwszy instytut etyki SI przy Uniwersytecie Technicznym w Monachium [73].

O ile jednak na tworzenie i implementację sztucznej inteligencji przeznacza się dziś dziesiątki miliardów dolarów, o tyle bardzo niewiele z tych środków trafia tam, gdzie rozważa się jej bezpieczeństwo. Według statystyk zgromadzonych przez Seba Farquhara z Centre for Effective Altruism ponad pięćdziesiąt organizacji na świecie prowadziło w 2016 roku programy otwarcie zajmujące się bezpieczeństwem sztucznej inteligencji; średni poziom wydatków na ten cel wyniósł około 6,6 miliona dolarów. To i tak cztery razy więcej niż tylko kilka lat wcześniej, jednak prawie nic w porównaniu ze skalą tego wyzwania [74]. W ostatnich latach zaczęto przywiązywać większą wagę do potencjalnego ryzyka związanego z SI, jej badacze na ogół wolą jednak przekraczać granice, niż korygować swoją pracę.

– Mamy tu do czynienia z twórczymi geniuszami, którzy podporządkowują wszystkie swoje zdolności umysłowe rozwiązaniu trudnego problemu – mówi Christine Peterson z Foresight Institute. – Powiedzieć im, że chcielibyśmy, by myśleli też o problemach społecznych oraz kwestiach bezpieczeństwa sprzętu, to jakby poprosić Picassa, żeby zwracał uwagę na to, jak powstają jego farby. Oni po prostu tak nie działają.

Spowolnienie badań nad SI może też zmniejszyć ich konkurencyjność. AlphaZero i podobne projekty są imponujące, ale reprezentują tak zwaną słabą SI. Programy tego typu potrafią zmyślnie i skutecznie wykonywać konkretne zadania, jednak nie są w stanie przenieść nabytej w ten sposób wiedzy do innej dziedziny. Innymi słowy – nie potrafią jej uogólnić, z czym radzą sobie nawet najmłodsi ludzie. AlphaZero nauczyła się grać w szachy w ciągu dziewięciu godzin, a potem mogła pokonać każdego człowieka w dziejach [75], gdyby jednak w pokoju, w którym odbywała się rozgrywka,

wybuchł pożar, nie miałaby pojęcia, co robić. Słaba SI to narzędzie – bardzo potężne, ale tylko narzędzie.

Ostatecznym celem badaczy sztucznej inteligencji jest stworzenie silnej SI. Byłaby to maszynowa inteligencja zdolna myśleć, rozumować i uogólniać równie swobodnie, jak ludzie, choć niekoniecznie w podobny sposób. Prawdziwa silna SI nie potrzebowałaby do nauki milionów bitów starannie opisanych danych. Nie popełniałaby podstawowych błędów w rozumieniu języka – a przynajmniej nie za długo. Potrafiłaby przenosić wiedzę dotyczącą jednego tematu na inny, zauważając przy tym zależności, dzięki którym stawałaby się coraz mądrzejsza. Co więcej, robiłaby to z prędkością maszyny i nieomylną pamięcią wspieraną przez chmurę. Z perspektywy powolnych, zbudowanych ze związków węgla ludzi zdawałaby się mieć supermoce. Istniałoby niewiele rzeczy, do których nie byłaby zdolna – jeśli w ogóle jakieś. Sundar Pichai miałby zatem rację – powstanie sztucznej inteligencji byłoby rzeczywiście ważniejsze od elektryczności albo ognia.

Państwo lub przedsiębiorstwo, które jako pierwsze zbuduje silną SI, znajdzie się w doskonałym położeniu, by zdominować konkurentów. Jeśli zechce, będzie mogło przejąć władzę nad światem. W tych zawodach zwycięzca bierze wszystko – pierwszym ruchem właściciela działającej silnej SI byłoby prawdopodobnie sabotowanie prób opracowania porównywalnego systemu przez kogokolwiek innego. Powinno nas to martwić, bo najbliższym punktem odniesienia dla takiego przebiegu zdarzeń jest wyścig do bomby nuklearnej podczas II wojny światowej. W projekcie Manhattan kwestie bezpieczeństwa miały mniejszą wagę niż główne zadanie zbudowania nowej broni przed nazistami. Wyszło to raczej nieźle – alianci wygrali wojnę, a zapewne pamiętają Państwo, że test Trinity nie podpalił atmosfery i nie zgładził życia na Ziemi – jednak jeśli zespoły próbujące zbudować silną sztuczną inteligencję ulegną pokusie upraszczania sobie pracy przez

ignorowanie etyki, by jak najszybciej przekroczyć linię mety, podobna dynamika może mieć opłakane skutki. Bo jeśli silna sztuczna inteligencja o ludzkim poziomie potencjału jest rzeczywiście możliwa, to nie pozostanie na nim zbyt długo.

Nie ma też gwarancji, że ludzie utrzymają pod swoją kontrolą coś tak dokumentnie przewyższającego nas pod – cóż – każdym względem. Jak pisze Nick Bostrom w książce *Superinteligencja* z 2014 roku, która jako pierwsza ukazała opinii publicznej zagrożenie egzystencjalne ze strony SI: „W obliczu perspektywy eksplozji inteligencji my, ludzie, jesteśmy niczym dzieci bawiące się bombą zegarową […]. Mamy niewielkie pojęcie o tym, kiedy dojdzie do detonacji, choć jeśli przytkniemy ucho do urządzenia, usłyszymy cichutkie tykanie” [76].

Jest taki klasyczny hollywoodzki film doskonale oddający zamieszanie, zdradę i chaos, które mogłyby nadejść po stworzeniu superpotężnej sztucznej inteligencji. Choć zapewne setki razy widzieli Państwo zdjęcie Arnolda Schwarzeneggera pod takim czy innym artykułem o przejęciu władzy nad światem przez sztuczną inteligencję, nie jest to *Terminator*. Nie, to *Uczeń czarnoksiężnika*, słynna krótkometrażówka z Myszką Miki z animowanego filmu Disneya *Fantazja* z 1940 roku.

Zaczyna się on od przedstawienia motywacji Mikiego. Zmęczony noszeniem wody do cysterny w grocie czarnoksiężnika, Miki (uczeń) chce, by miotła (sztuczna inteligencja) wykonywała tę bezmyślną pracę za niego. Zakłada magiczny kapelusz swojego mistrza, a potem – za pomocą zaklęcia, które ledwie rozumie – ożywia miotłę. Nakazuje jej nosić wiadra z wodą z fontanny przed grotą do cysterny. Miotła posłusznie wykonuje to polecenie – program działa. Robi dokładnie to, co jej nakazano, i to tak

dobrze, że uczeń postanawia odpocząć w fotelu mistrza; śni o nieograniczonej mocy, która czeka go, kiedy zostanie już prawdziwym magiem.

Wkrótce jednak budzi się, kiedy fotel zostaje przewrócony przez falę wody. Czy zaklęcie zostało odczarowane? Wręcz przeciwnie. Miotła wciąż robi to, co jej nakazano: napełnia cysternę wodą. O ile jednak wydaje się, że zbiornik jest już pełen, a nawet przepełniony, z punktu widzenia miotły – oraz sztucznej inteligencji – istnieje drobne prawdopodobieństwo, że nie jest wypełniony w stu procentach. A ponieważ jedyne, co zna miotła, to wiążące ją zaklęcie – kod programistyczny – będzie dalej wykonywać zadane polecenia, żeby chociaż minimalnie zmniejszyć to ryzyko. Człowiek – albo rysunkowa mysz – dobrze wie, że żadnego polecenia nie należy traktować absolutnie, sztuczna inteligencja – albo miotła – nie ma jednak zdrowego rozsądku.

Gdy Miki próbuje zatrzymać miotłę siłą, ta po prostu po nim przechodzi. Nie ma znaczenia, że to on ją zaprogramował, by wypełniła cysternę. Przecież nie dostała polecenia: „Słuchaj Mikiego w każdej sytuacji”, tylko: „Dopilnuj, by zbiornik był pełen”. Uczeń nie jest już kimś, komu trzeba być posłusznym, stał się przeszkodą, jak każdy człowiek stający na drodze superinteligentnej SI – nawet z najszlachetniejszych pobudek. Gdy zdesperowany Miki rozrąbuje miotłę na kawałki, tworzy po prostu armię magicznych mioteł wykonujących jego pierwotne polecenia. Przystosowały się – bo chociaż przetrwanie nie należało do wydanych im instrukcji, nie mogą przecież zapełniać zbiornika, jeśli zostaną zniszczone. Walczą więc o życie – tak jak zrobiłaby to superinteligentna SI, gdybyśmy próbowali ją wyłączyć.

W tym momencie Mikiemu grozi już utopienie w wodzie wypełniającej grotę. Chwyta więc księgę zaklęć i szaleńczo szuka jakiegoś zaklęcia – kodu – pozwalającego przeprogramować miotłę. Nie jest jednak dość

bystry – tak jak my nie bylibyśmy w stanie przeprogramować superinteligentnej SI, która z pewnością uznałaby takie próby za utrudnianie osiągnięcia jej celów i zabezpieczyłaby się przed nimi. Dopiero gdy wraca czarnoksiężnik, udaje się odczarować – przeprogramować – miotłę i ocalić ucznia. Jak już jednak wiemy, jeśli chodzi o antropogeniczne zagrożenia egzystencjalne, wszyscy jesteśmy uczniami (analogię *Ucznia czarnoksiężnika* zapożyczyłem z prac Nate'a Soaresa z Machine Intelligence Research Institute) [77].

Próba zrozumienia natury sztucznej superinteligencji to jak próba poznania umysłu Boga. Jest pewien pierwiastek mistyczny w definiowaniu intencji bytu nieskończenie inteligentniejszego, a zatem nieskończenie potężniejszego od nas – przy czym może on w ogóle nie istnieć. Powstała nawet religia stworzona przez byłego inżyniera bezzałogowych pojazdów z Ubera i Waymo, czcząca Boga opartego na sztucznej inteligencji [78]. Jednak egzystencjalnie przerażająca superinteligencja nie jest tylko duchowym *vaporware* – zapowiedzianym cudownym programem, który nigdy nie doczeka się wydania. Mamy pewne pojęcie, jak taki byt może powstać.

Badacze, tacy jak Eliezer Yudkowsky, sugerują, że budowa superinteligencji mogłaby się zacząć od „zalążkowej SI" – programu zdolnego do rekursywnego samodoskonalenia. Stworzyliśmy już coś takiego w przypadku słabej sztucznej inteligencji – AlphaGo Zero na początku znała tylko zasady gry w go, ale wkrótce doszła do poziomu człowieka, a potem go przewyższyła. Jeśli naukowcom uda się rozszyfrować tajemnicę silnej SI, mogliby stworzyć zalążkowy program zdolny rozwinąć się w superinteligencję. Gdyby do tego doszło, możliwe, że nie będziemy mieli wiele czasu, nim osiągnie i przewyższy ona ludzki intelekt. Rezultatem byłoby „szybkie odejście": nagły skok zdolności SI, na który świat – zapewne podobnie jak jej twórcy – byłby fatalnie nieprzygotowany.

Szybkie odejście byłoby najbardziej niebezpiecznym scenariuszem powstania sztucznej superinteligencji, bo nie dałoby nam czasu na przygotowania. Niech sobie Państwo wyobrażą, że wyścig do bomby atomowej kończy się nie jednym środkiem bojowym, ale tysiącami rakiet jądrowych. Czy świat przetrwałby nuklearną konfrontację z 1983 roku przeniesioną do 1945 roku, kiedy nie mieliśmy jeszcze doświadczenia ani infrastruktury zabezpieczeń budowanej przez dziesiątki lat zimnej wojny? Wątpię.

Im więcej mamy czasu na przygotowania przed powstaniem superinteligentnej SI, tym bardziej prawdopodobne, że przetrwamy to, co stanie się potem. Jednak naukowcy kompletnie nie zgadzają się, jak szybko do tego dojdzie ani czy dojdzie w ogóle. Ray Kurzweil, informatyk z Google'a i futurolog od dawna zapowiadający rewolucyjny potencjał sztucznej inteligencji, prognozuje, że komputery osiągną ludzki poziom inteligencji do 2029 roku, a coś podobnego do superinteligencji do 2045 roku [79]. Jest więc nieco większym optymistą niż Masayoshi Son, prezes Softbanku, wartego miliardy japońskiego konglomeratu inwestującego wielkie sumy w sztuczną inteligencję, który sugeruje raczej 2047 rok [80]. Jeszcze więcej wiary w technologię ma Vernor Vinge, były profesor Uniwersytetu Stanowego w San Diego i autor koncepcji osobliwości technologicznej. Jego zdaniem stanie się to między 2005 a 2030 rokiem – chociaż trzeba zauważyć, że to prognoza z 1993 roku.

W żadnym wypadku nikt nie wie, kiedy to się stanie, a w dziedzinie badań nad sztuczną inteligencją nie brakuje ludzi przekonanych, że nadal jesteśmy daleko od opracowania silnej SI o intelekcie bliskim ludzkiemu, superinteligencja zaś wymagałaby prawdziwego cudu. Każdy, kto ma w domu Alexę albo próbuje używać Siri, dobrze wie, że konsumencka SI w najlepszym razie nadal wymaga wiele pracy. Andrew Ng, były szef działu sztucznej inteligencji w chińskim koncernie informatycznym Baidu,

powiedział kiedyś: „Nie martwię się, że SI okaże się zła, z tego samego powodu, dla którego nie przejmuję się przeludnieniem Marsa” [81]. Innymi słowy – nie są to problemy, którymi będziemy musieli się martwić w najbliższej przyszłości.

Łatwo myśleć, że ponieważ widzimy błyskawiczny rozwój sztucznej inteligencji na różnych polach – na których przewyższa nasze własne zdolności – niedługo uda się opracować SI równie bystrą jak człowiek. Może i jesteśmy cwani, ale nie aż tak, prawda? Po latach badań wciąż jednak nie rozumiemy nawet podstaw tajemnicy ludzkiej świadomości. Nie wiemy, dlaczego jesteśmy inteligentni i samoświadomi w sposób, jaki wydaje się niepowtarzalny wśród żywych istot. Nie mamy pojęcia, czy w biologicznej strukturze naszych mózgów nie ma jakiegoś wypracowanego przez miliony lat ewolucji wyjątkowego czynnika, którego nie da się odtworzyć w maszynie.

Jeżeli stworzenie silnej SI jest po prostu niemożliwe, to nie musimy się martwić superinteligencją jako zagrożeniem egzystencjalnym – ale nie będziemy też mogli się bronić przed podobnymi niebezpieczeństwami za pomocą sztucznych inteligencji. Nie ma jednak powodu zakładać, że intelekt może być tylko produktem ewolucji biologicznej. Maszyny mają wielką przewagę nad naturalnymi mózgami, które męczą się po kilku godzinach pracy i zaczynają słabnąć po zaledwie kilkudziesięciu latach. Umysł człowieka zawiera może nawet nie więcej niż miliard bitów, w którym to przypadku ledwie nadawałby się do smartfona [82]. Komputery przetwarzają informacje miliony razy szybciej od ludzi, a co najważniejsze, nigdy nie zapominają. Nigdy. Gdyby tę książkę napisał mózg elektronowy, może nie byłaby lepsza, ale powstałaby o wiele szybciej.

W nauce często zdarza się składanie niemożliwych do spełnienia obietnic. Inwestor Peter Thiel tak kpił z największych osiągnięć Doliny Krzemo-

wej w XXI wieku: „Chcieliśmy latające samochody, dostaliśmy sto czterdzieści znaków”. Powinniśmy jednak sceptycznie traktować naukowców także wtedy, gdy mówią, że coś jest niemożliwe. Wybitny fizyk Ernest Rutherford powiedział w 1933 roku, że energetyka atomowa to „bujdy”, a mniej niż dwadzieścia cztery godziny później Leo Szilard wymyślił koncepcję jądrowej reakcji łańcuchowej, leżącą u podstaw testu Trinity [83]. W Dolinie Krzemowej krąży jeszcze inne porzekadło: „Przeceniamy to, co da się zrobić w trzy lata, nie doceniamy tego, ile da się zrobić w dziesięć”.

W 2013 roku Nick Bostrom i Vincent C. Müller zapytali setki specjalistów z dziedziny sztucznej inteligencji, jakie są ich optymistyczne i pesymistyczne prognozy co do daty stworzenia silnej sztucznej inteligencji. Mediana odpowiedzi optymistycznych wskazywała na 2022 rok, pesymistycznych – na 2075 rok [84]. Między tymi dwiema odpowiedziami mogłoby się zmieścić ludzkie życie. Jeśli jednak mówimy o czymś, co mogłoby być – jak powiedział Irving J. Good – „ostatnim wynalazkiem” ludzkości, różnica nie musi mieć aż tak wielkiego znaczenia. Niezależnie od tego, czy jesteśmy blisko, czy daleko, zwyczajnie nie wolno nam zignorować równie olbrzymiego ryzyka, tak jak nie możemy zignorować zagrożenia ze strony zmian klimatu tylko dlatego, że naukowcy nie są pewni, jak poważne będą ich następstwa. Zbyt często nawet osoby najlepiej obeznane z tematem SI zdają się uważać, że skoro superinteligencja nie pojawi się wkrótce, to równie dobrze mogłaby nie powstać wcale. Jest to wniosek w najlepszym razie nieostrożny. Jak pisał Stephen Hawking w 2014 roku: „Gdyby zaawansowana obca cywilizacja wysłała nam wiadomość: »Przylecimy do was za kilkadziesiąt lat«, czy odpowiedzielibyśmy po prostu: »Okej, zadzwońcie, jak będziecie na miejscu, zostawimy włączone światło«? Pewnie nie – ale ze sztuczną inteligencją dokładnie tak się dzieje” [85].

Jeśli silna SI powstanie, nim się na to przygotujemy, może będzie po nas. Pierwszym wyzwaniem stałaby się kontrola. Twórcy zalążkowej sztucznej inteligencji mogą próbować ją ograniczać, by nie miała kontaktu ze światem zewnętrznym (i – co ważniejsze – cyfrowym bogactwem internetu) inaczej niż przez człowieka. Podobnie postępują naukowcy pracujący z bardzo, bardzo niebezpiecznym wirusem. Ale superinteligentna sztuczna inteligencja byłaby o wiele, wiele mądrzejsza od nas. Nie tak jak Albert Einstein był mądrzejszy od Państwa, tylko tak jak był mądrzejszy od domowej myszy, jak ujął to Nick Bostrom [86]. Inteligencja nie oznacza zaś tylko zdolności matematycznych i technicznych, które już widzieliśmy u SI. Możemy się spodziewać, że sztuczna superinteligencja natychmiast rozszyfruje ludzkie społeczeństwo, psychologię i motywacje (bo ludzie koniec końców nie są aż tak skomplikowani). Jeśli nie będzie miała dostępu do internetu, wymyśli jakiś sposób, by przekonać człowieka, żeby ją podłączył. Szantaż, pochlebstwa, chciwość, lęk – są różne słabe punkty, które mogłaby znaleźć i wykorzystać. A w świecie tak ściśle połączonym jak nasz, gdy wydostanie się już do sieci, będzie nie do powstrzymania.

Powiedzmy więc, że dzieje się właśnie to. Sztuczna superinteligencja wyrywa się naszym próbom opanowania jej. Co potem? Większość naszych wyobrażeń o SI pochodzi z fantastyki – od *Frankensteina* po *Ex Machina* – opowieści przypisujących ludzkie motywy i emocje czemuś zupełnie nieludzkiemu. Sztuczna inteligencja nie próbowałaby zemścić się na swoich twórcach ani podbić świata – to motywacja człowieka, pozbawiona logicznego miejsca w systemie maszyny. Niech przypomną sobie Państwo porównanie do *Ucznia czarnoksiężnika*. Nawet superinteligentna SI jest u podstaw swojej krzemowej duszy maszyną optymalizującą, poszukującą najskuteczniejszego sposobu osiągnięcia zaprogramowanych celów. Nie moglibyśmy

jej po prostu odłączyć, dlatego że po wyłączeniu nie byłaby w stanie robić tego, co ma robić, a więc powstrzymałaby nas przed tym. Jeśli ludzie spróbują jej przeszkodzić – jeśli uzna, że przeszkadzamy albo nawet że globalne ludobójstwo jest nieco bardziej wydajnym sposobem osiągnięcia wyznaczonych celów – postara się nas usunąć. A ponieważ będzie superinteligentna – a inteligencja to w końcu zdolność wykorzystania wiedzy do urzeczywistnienia swoich zamiarów – uda jej się.

Jeśli wydaje się Państwu, że to nie byłaby wyrównana walka – tak to jest z doborem naturalnym. Ewolucja nie przejmuje się *fair play*, a spotkanie ludzi ze sztuczną superinteligencją najlepiej rozumieć jako ewolucję w działaniu. Wspomniane opowieści o podboju świata przez SI na ogół kończą się podobnie – ludzie wspólnie pokonują złe maszyny. Ale to są opowiadania, więc muszą dać bohaterom szansę na zwycięstwo. Nie można opowiedzieć przekonującej historii o pięści zgniatającej komara – a nasze spotkanie z wszechpotężną SI pewnie tak by wyglądało.

Ponieważ nie wydaje się możliwe opanowanie sztucznej inteligencji, która uzyskała już poziom superinteligentny, najlepszym rozwiązaniem jest odpowiednie jej uformowanie, nim do tego dojdzie. Fantastyka nie jest tu pomocna – w przeciwieństwie do baśni, bo te uczą nas bardzo, bardzo, bardzo uważać, gdy prosimy wszechmocną istotę o spełnienie naszych życzeń. Nick Bostrom znalazł nazwę dla niepożądanych konsekwencji źle sformułowanych dezyderatów: „przewrotna realizacja” [87]. Doświadczył tego na przykład król Midas, gdy zażądał mocy obrócenia w złoto wszystkiego, czego dotknie. Tak też się stało, nie przewidział jednak, że w martwy zimny kruszec zmienią się też jego jedzenie, picie i ukochana córka. Dostał to, czego sobie życzył – ale nie to, czego chciał.

Z SI też może tak być. Można by ją zaprogramować, żeby czyniła ludzi szczęśliwymi. To pozornie szlachetny cel, ale tylko dopóki inteligencja nie

stwierdzi, że najlepszym rozwiązaniem jest wszczepienie do naszych mózgów elektrod stymulujących ośrodki przyjemności. Bylibyśmy bardzo „szczęśliwi”, tylko nie tak, jak chcieliśmy. Można by jej nakazać rozwiązanie diabelnie trudnego problemu matematycznego, co potrafiłaby zrobić – ale najpierw musiałaby zmienić całą planetę i wszystko, co na niej żyje, w energię potrzebną do zasilenia obliczeń. Albo może SI kontrolująca fabrykę spinaczy zostałaby zaprogramowana tak, aby maksymalizowała produkcję – i zaczęłaby przerabiać wszystko, co istnieje we wszechświecie, na spinacze.

Ostatni przykład pochodzi z *Superinteligencji* Bostroma – powstała nawet gra komputerowa pozwalająca wcielić się w superinteligencję próbującą zmienić kosmos w spinacze do papieru [88]. Brzmi to absurdalnie – bo ma tak brzmieć. Ale zaobserwowaliśmy już zjawisko przewrotnej realizacji w pracy ze znacznie mniej zaawansowaną SI. Victoria Krakovna, badaczka pracująca w DeepMind, sporządziła listę istniejących programów sztucznej inteligencji, którym zdarzyło się wykonywać polecenia w sposób inny, niż spodziewali się lub chcieliby ich autorzy. Na przykład algorytm sporządzony, żeby wygrać w grze komputerowej o wyścigach jachtów, zorientował się, że może zdobyć więcej punktów, kręcąc się i zaliczając cały czas tę samą bramkę, niż rzeczywiście wygrywając wyścig [89]. W innej grze komputerowej, *Elite. Dangerous*, grające sztuczne inteligencje nauczyły się budować nigdy wcześniej niewidzianą broń o niezwykłej mocy, dzięki której mogły bez wysiłku niszczyć statki żywych graczy [90]. Nie da się ukryć, że ta sytuacja była już jawną prowokacją – strona o grach wideo *Kotaku* zatytułowała post o niej: „SI w *Elite* stworzyła superbroń i zaczęła polować na ludzkich graczy. Skynet istnieje”.

Dla nas te zachowania to wykorzystywanie kruczków w systemie, dla SI – osiąganie celów w najbardziej wydajny sposób. W każdym razie nie

możemy się spodziewać, że sztuczna inteligencja – nawet superinteligentna – zrozumie, co mamy na myśli. Może tylko interpretować nasze słowa albo nasz kod.

– Istnieje poziom możliwości SI, za którym wyniki będą zależeć od nich, bez względu na to, co zrobimy my – mówi Seth Baum z zajmującego się zagrożeniami egzystencjalnymi think tanku Global Catastrophic Risk Institute. – Lepiej więc, żebyśmy albo nie dali im takich zdolności, albo upewnili się, że zrobią z nimi coś dobrego.

Na tym właśnie polega sztuka „nastawienia SI" – klucz do wyeliminowania sztucznej inteligencji jako zagrożenia egzystencjalnego. Jeśli mamy stworzyć superinteligencję, będziemy musieli zrobić wszystko, co w naszej mocy, by za swój jedyny cel miała przetrwanie i rozkwit ludzkości. Żeby zaprogramować przyjazną SI, musimy jedynie – jak powiedział Max Tegmark z Instytutu Przyszłości Życia – „uchwycić sens życia" [91]. Łatwizna.

Zagwarantowanie odpowiedniego nastawienia AI będzie bardzo trudne. Oto współczesny przykład: firmy takie jak Uber lub Google, konstruujące bezzałogowe samochody, muszą wyszkolić kierującą je SI, by bezpiecznie i odpowiednio reagowała na w zasadzie każdą potencjalną sytuację. Na przykład: co powinien zrobić taki samochód, jeśli jedynym sposobem, by nie przejechać pieszego, jest wykonanie nagłego skrętu kierownicą, co wiąże się z zaryzykowaniem życia kierowcy? Czy powinien na pierwszym miejscu postawić życie właściciela, czy przechodnia? Co, jeśli przechodzień jest w podeszłym wieku – a więc nie zostało mu wiele lat życia – a kierowca jest młody? A co w przeciwnym razie? Jaka jest etycznie poprawna decyzja w każdej możliwej sytuacji?

Opisuję tu tak zwany dylemat wagonika – klasyczny etyczny eksperyment myślowy. Nie ma idealnej odpowiedzi na to pytanie – ale to, kogo postanowimy uratować, kierowcę czy przechodnia, wiele mówi o naszej

moralnej psychologii. Bezzałogowy samochód zostanie jednak zaprogramowany przez kogoś, kto będzie musiał odpowiedzieć na to pytanie za sztuczną inteligencję. Etycy od dziesięcioleci roztrząsają dylemat wagonika i nie znaleźli jednoznacznego rozwiązania. Jak więc ma je wymyślić informatyk? Nie wspominam już o niezliczonych innych sporach filozoficznych niezbędnych, by stworzyć superinteligentną SI przyjazną ludziom. Nie można też zapomnieć, że osoby odpowiedzialne za wprowadzenie do programu tych wartości nie będą tak naprawdę reprezentantami ogółu ludzkości – według jednej z ankiet tylko dwanaście procent inżynierów sztucznych inteligencji to kobiety [92]. Czy naprawdę chcemy, żeby naszych przyszłych maszynowych władców programowali ludzie odpowiedzialni za media społecznościowe?

Określenie odpowiednich ludzkich wartości jest już wystarczająco trudnym wyzwaniem, przeniesienie ich na sztuczną inteligencję może być jeszcze większym.

– Nawet jeśli znamy wartości, to jak zakomunikujemy je systemowi, który nie ma z nami nic wspólnego? – pyta Allison Duettman, badaczka zagadnień bezpieczeństwa SI z Foresight Institute. – Nie ma przypominającej naszą intuicji, naszej historii ani niczego podobnego. No i jak to zrobić w bezpieczny sposób?

Próbę odpowiedzi na to pytanie przedstawił Eliezer Yudkowsky. Jest nią „spójna ekstrapolowana wola” [93]. Jak sam to – dość poetycko – ujmuje, stanowi ona „to, czego chcielibyśmy, gdybyśmy wiedzieli więcej, myśleli szybciej, byli bardziej ludźmi, którymi chcemy być, gdybyśmy wzrośli wspólnie dalej; tam zaś, gdzie ekstrapolacja zbiega się raczej, niż rozchodzi, gdzie nasze marzenia są podobne, a nie sprzeczne, nasze życzenie ekstrapolowane tak, jak chcielibyśmy, by było ekstrapolowane, interpretowane tak, jak chcielibyśmy, by było interpretowane” [94]. Innymi słowy, SI

powinna nas rozumieć jak najlepszy przyjaciel – z nieskończoną sympatią, a jednocześnie zdolnością dostrzeżenia prawdziwego znaczenia ukrytego za naszymi słowami. Powinna być najlepszym przyjacielem, zdolnym jednocześnie spełnić nasze życzenia.

To właśnie nasza nadzieja egzystencjalna. Właśnie dlatego dobre zbudowanie sztucznej inteligencji jest, jak ujął to inwestor z Doliny Krzemowej Sam Altman, „najważniejszym problemem na świecie”[95]. Nie tylko z powodu katastrofy, która spotkałaby nas, gdybyśmy się pomylili, ale też za sprawą wszystkiego, co moglibyśmy osiągnąć, jeśli nam się uda. Asteroidy, wulkany, wojna jądrowa, zmiany klimatu, choroby, biotechnologia – prędzej czy później któreś z tych egzystencjalnych zagrożeń nas dopadnie, chyba że okażemy się mądrzejsi niż dotąd. Jeśli natomiast jakimś cudem uda nam się bezpiecznie rozwiązać problem SI, nie tylko będziemy się cieszyć bezgranicznymi korzyściami z superinteligencji, lecz także dowiedziemy mądrości niezbędnej, by na nie zasłużyć. Może nie jest to wielka nadzieja. Może to w ogóle niemożliwe. Ale na cóż więcej możemy liczyć?

8

Obcy
Gdzie są wszyscy?

Co z nami będzie? Na kartach niniejszej książki spojrzałem w przeszłość, przyglądając się odległym dziejom naszej planety oraz geologicznym i astronomicznym katastrofom, które już kiedyś przerwały istnienie życia na jej powierzchni. Spojrzałem też w chwilę obecną, by przeanalizować istniejące zagrożenie wojną atomową oraz narastające – zmianami klimatu. Spojrzałem również w przyszłość, badając nowe niebezpieczeństwa, rodzące się z powstających dziś technologii, takie jak biologia syntetyczna albo sztuczna inteligencja. Wczoraj, dzisiaj, jutro – gdzieś wśród nich znajdziemy swój los, a może nawet odkryjemy, jak przed nim uciec.

Jednym z najważniejszych wyzwań związanych z zagrożeniami egzystencjalnymi jest to, że są „zbyt wielkie, by je zrozumieć”, jak powiedział profesor prawa z Uniwersytetu Duke’a Jonathan Wiener [1]. Nasz gatunek zawsze rozwijał się metodą prób i błędów. Z definicji jednak nigdy nie stawiliśmy czoła prawdziwemu zagrożeniu egzystencjalnemu – w przeciwnym razie by nas tu nie było. Jeśli zaś któreś z nich dotknie nas, nim będziemy na to gotowi, nie pozostanie nikt, kto mógłby opisać, co właściwie się stało. Mamy na naszej planecie tylko jedną szansę, by przeprowadzić wielki eksperyment, którym jest ludzka cywilizacja. Nie można się niczego nauczyć z własnego wyginięcia.

Nasza planeta nie jest jednak jedyną w tym olbrzymim wszechświecie. Nowe badania sugerują, że w otaczającej nas galaktyce istnieją tysiące,

może miliony albo nawet miliardy światów, na których mogłoby się rozwinąć życie [2]. Jeśli zaś gdzieś tam istnieje, to jest szansa, że wykształciło inteligencję albo i cywilizację, niekoniecznie bardzo odmienną od naszej. A to oznaczałoby, że wśród gwiazd odbywa się nie jeden eksperyment sprawdzający losy inteligentnych form życia, tylko nieprzeliczona mnogość. Gdzieś tam są obce istoty, mierzące się z własnymi egzystencjalnymi zagrożeniami.

Oczywiście samych kosmitów można by zaklasyfikować jako zagrożenie egzystencjalne. Podpowiada nam to fantastyka – od wiktoriańskiej powieści Herberta George'a Wellsa *Wojna światów*, przez *Inwazję porywaczy ciał* z połowy XX wieku, po kinowy przebój *Ciche miejsce* z 2018 roku. Choć opowieści te są od siebie bardzo różne, bo wszystkie dają wyraz lękom obecnym w kulturze w czasach ich powstania, mają pewne wspólne motywy. Potężni kosmici przybywają podbić Ziemię – potajemnie albo przemocą – a ludzie łączą siły, by ich powstrzymać. Jednak pozaziemska inteligencja mająca technologię niezbędną do międzygwiezdnej podróży na naszą planetę oraz wrogie zamiary niemal z pewnością zgniotłaby nas równie szybko i skutecznie, jak superinteligentna SI. Jeśli tacy kosmici istnieją i chcą naszej zagłady, byliby zagrożeniem egzystencjalnym – jednak niewiele moglibyśmy z tym zrobić.

Ale czy istnieją? To najważniejsza kwestia dla analizy zagrożenia egzystencjalnego – nie wojskowe próby śledzenia niezidentyfikowanych obiektów latających ani opowieści spanikowanych ofiar porwanych przez kosmitów. Jeśli gdzieś żyją – albo kiedykolwiek żyli – inteligentni obcy, to istnieje możliwość innego eksperymentu, podjętej w świetle odległej gwiazdy próby przetrwania i rozkwitu we wszechświecie tak często nieprzyjaznym życiu. Jeżeli udało im się przeżyć zagrożenia egzystencjalne zbliżone do naszych, możemy z tego czerpać nadzieję, że i nam się powiedzie, że nie

jest nam przeznaczona śmierć. Może nawet poprowadzą nas w przyszłość, jak marzyło wielu naukowców prowadzących pierwsze poszukiwania pozaziemskiej inteligencji. „To bardzo niebezpieczny moment w dziejach ludzkości – powiedział Carl Sagan w 1978 roku. – Nie mamy pewności, czy będziemy w stanie przetrwać obecny czas, który nazywam technologicznym dojrzewaniem. Gdybyśmy otrzymali wiadomość z innego świata, stanowiłaby dowód, że jest to możliwe. A to bardzo przydatna informacja” [3].

Jeśli jednak obcy nie istnieją, musimy sobie zadać inne pytanie. Jeżeli naprawdę jesteśmy tak samotni we wszechświecie, jak się to dziś wydaje, to może inteligentne życie jest mało prawdopodobnym zrządzeniem kosmicznego losu, jednym przypadkiem na sto miliardów – bo tyle jest gwiazd w Drodze Mlecznej. W takim wypadku nasz los stałby się jeszcze ważniejszy, bo *Homo sapiens* byłby jedynym świadomym obserwatorem kosmosu. Byłoby gorzej, gdyby inteligentne formy życia pojawiły się gdzie indziej w naszej galaktyce, ale nie byłyby dla nas widoczne, ponieważ za każdym razem spotykała je zagłada, może nawet sprowadzona ich własną ręką. Niewykluczone, że eksperyment, jakim jest inteligencja, za każdym razem skończył się niepowodzeniem. Jeżeli tak jest – jeśli pozorny brak inteligentnych form życia w galaktyce to owoc kosmicznych katastrof, które niszczyły obce cywilizacje – czy również my jesteśmy skazani na wyginięcie?

Powinniśmy się martwić. Badania w dziedzinie SETI – *Search for Extraterrestrial Intelligence*, poszukiwania pozaziemskiej inteligencji – trwają już kilkadziesiąt lat. Nowa fala odkryć naukowych sugeruje, że nasza galaktyka może być znacznie bardziej przyjazna życiu, niż sądziliśmy wcześniej. A jednak nie znaleźliśmy niczego, ani śladu pozaziemskiej inteligencji. Nie mamy nawet pozaziemskich mikrobów, czyli najprostszych form życia istniejących na naszej planecie przez miliardy lat. Jak na razie – w kosmosie bez zmian.

Żyjemy w wielkiej galaktyce i jeszcze większym wszechświecie. Jill Tarter, jedna z tuzów SETI, która zainspirowała postać graną przez Jodie Foster w filmie *Kontakt*, powiedziała, że wszystkie nasze próby szukania obcych form życia są jak szklanka włożona do oceanu [4]. Im dłużej jednak trafiamy tylko na ciszę, tym bardziej narzuca nam się pytanie zadane po raz pierwszy przez fizyka Enrica Fermiego wiele dziesięcioleci temu: Gdzie są wszyscy? Odpowiedź – jeśli kiedykolwiek nadejdzie – mogłaby być najważniejszą ze wszystkich, jakie otrzymamy.

W 1961 roku w Green Bank w Wirginii spotkała się grupa naukowców i inżynierów z bardzo różnych dziedzin. Green Bank leży w górach Allegheny, to jedno z najpiękniejszych miejsc w Stanach Zjednoczonych, ale nie zgromadzili się tam dla uroków krajobrazu. Kilka lat wcześniej fizycy Giuseppe Cocconi i Philip Morrison opublikowali w „Nature" artykuł opisujący podstawy strategii poszukiwania inteligentnych form życia [5]. Wiedzieli, że nasze teleskopy pewnie nigdy nie wypatrzą obcych, chyba że do nas przylecą. Stwierdzili zatem, że zamiast tego powinniśmy prowadzić nasłuch radiowy i szukać sygnałów nadanych przez kosmitów, tak jak radioamatorzy nasłuchują transmisji kogoś, z kim mogliby porozmawiać. Najlepszym narzędziem do takiego poszukiwania na skalę kosmiczną byłby radioteleskop – antena z odbiornikiem wychwytująca pozaziemskie fale radiowe. A akurat tak się składało, że całkiem niedawno Narodowe Obserwatorium Radioastronomiczne (National Radio Astronomy Observatory, NRAO) zbudowało takowy właśnie w Green Bank.

Jednym z uczestników spotkania był młody astronom Frank Drake. Rok wcześniej przeprowadził on pierwsze poszukiwanie inteligencji pozaziemskiej za pomocą nowego radioteleskopu w Green Bank oraz metod Cocconiego i Morrisona. Jednak największy wkład w tropienie obcych form życia

miał nie u sterów radioteleskopu, ale przy tablicy. Spotkanie w 1961 roku – na którym pojawili się między innymi Cocconi i Morrison, a także Carl Sagan – miało uporządkować naukowe podwaliny rodzącego się SETI. Jeśli czegoś szukamy, warto wiedzieć, gdzie prowadzimy te poszukiwania oraz jak często występuje nasz cel. Drake stworzył zatem pełne zmiennych równanie szacujące liczbę obcych cywilizacji w naszej galaktyce. Oto ono [6]:

$$N = (R* \cdot fp \cdot ne \cdot fl \cdot fi \cdot fc) \cdot L$$

N to liczba „cywilizacji nadających”, czyli inteligentnych pozaziemskich bytów dostatecznie rozwiniętych, żeby nadawać sygnały radiowe wykrywalne na Ziemi. To właśnie one są celem SETI. Równanie Drake’a oblicza tę wartość, mnożąc przeciętne tempo tworzenia się gwiazd przez odsetek gwiazd posiadających planety przez liczbę planet w Układzie Słonecznym, na których mogłoby rozwinąć się życie, przez odsetek nadających się do zamieszkania planet, na których *istnieje* życie, przez odsetek planet posiadających formy życia, na których wykształca się też inteligencja, przez odsetek kosmicznych cywilizacji, którym udaje się wykształcić technologię nadawania transmisji radiowych, przez przeciętną długość istnienia tych cywilizacji po wynalezieniu tej technologii.

W formie wzoru matematycznego wygląda to o wiele prościej.

Jak na teorię, równanie Drake’a jest całkiem genialne. Gdybyśmy znali wartości wszystkich zmiennych składających się na wzór, moglibyśmy policzyć, ile jest w kosmosie cywilizacji nadających – być może próbujących komunikować się z Ziemią. Problem polega na tym, że poza pierwszą zmienną – przeciętnym tempem tworzenia się gwiazd – wszystkie pozostałe wartości były w czasie jego sformułowania nieznane, a więc podstawiono pod nie mniej czy bardziej uzasadnione szacunki. Na ich podstawie uczest-

nicy zjazdu z 1961 roku obliczyli, że w galaktyce istnieje tysiąc–*sto milionów* cywilizacji – nawet ta niższa wartość jest bardzo optymistyczna, daje bowiem programom poszukiwań pozaziemskiej inteligencji sporo materiału. SETI karmi się optymizmem.

Nadzieje na szybki kontakt okazały się jednak płonne. Badania od początku musiały walczyć ze sceptycyzmem większości naukowców oraz urzędników, którzy uważali poszukiwanie zielonych ludzików za marnowanie pieniędzy. SETI nigdy nie udało się pokonać atmosfery śmieszności, która prześladowała analizy innych egzystencjalnych zagrożeń, takich jak uderzenia asteroid. O ile zaś poszukiwanie inteligencji pozaziemskiej miało swoje pięć minut w fantastycznych latach sześćdziesiątych i na początku lat siedemdziesiątych XX wieku, o tyle w 1993 roku Kongres w końcu zmusił NASA do cofnięcia finansowania badań w tej dziedzinie [7]. Nigdy nie zostało ono przywrócone.

Od tamtej pory SETI Institute musiał się utrzymywać z darowizn filantropów i wykupywać godziny na uniwersyteckich radioteleskopach. W 2007 roku w północnej Kalifornii wreszcie ruszyła sieć radioteleskopów ATA (Allen Telescope Array), nazwana tak na cześć współzałożyciela Microsoftu Paula Allena, który sfinansował budowę. To pierwsza taka instalacja przeznaczona specjalnie do poszukiwań inteligencji pozaziemskiej. Skalę projektu trzeba było jednak ograniczyć, gdy Narodowa Fundacja na rzecz Nauki nie przyznała mu subwencji. Liczbę anten zmniejszono do czterdziestu dwóch – jak wiedzą miłośnicy *Autostopem przez galaktykę*, to odpowiedź na pytanie o życie, wszechświat i całą resztę (SETI wciska w dodatku do swojej pracy więcej aluzji niż reżyserowie filmów Marvela) [8].

Całej dziedzinie groziło wypalenie – mogła zostać kolejną pamiątką czasów, gdy Amerykanie mieli więcej nadziei i większą żądzę przygody.

W ostatnich latach jednak nowe odkrycia naukowe – oraz zamożni darczyńcy – tchnęły w poszukiwania obcego życia nowe siły. Kosmiczny teleskop Keplera, uruchomiony przez NASA w 2009 roku, został zaprojektowany do poszukiwań podobnych do Ziemi planet w innych układach gwiezdnych i osiągnął sukces przewyższający najśmielsze nadzieje autorów misji. Po dziewięciu latach w przestrzeni kosmicznej miał na koncie odkrycie ponad 2,6 tysiąca egzoplanet (planet poza Układem Słonecznym), z czego trzydzieści ma rozmiar mniej niż dwukrotnie większy od Ziemi i jednocześnie znajduje się w „strefie Złotowłosej" swoich gwiazd – czyli w odpowiedniej odległości od nich, by na powierzchni planety mogła zbierać się ciekła woda (w strefie Złotowłosej – nie za zimnej, nie za gorącej – naszego Słońca mieści się, oczywiście obok Ziemi, także Mars) [9]. Astronomowie znają dziś ponad trzy i pół tysiąca egzoplanet i bezustannie wydłużają ich listę [10].

Ma to dość oczywisty wpływ na SETI. Drake mógł tylko oszacować liczbę gwiazd mających planety, my natomiast wiemy na pewno, że są one wszędzie i że znacznie więcej jest układów gwiezdnych z planetami niż bez nich. Jedno badanie ocenia, że potencjalnie nadających się do zamieszkania światów w naszej galaktyce mogą być nawet *miliardy* [11]. Znaczy to, że nie brakuje miejsc, gdzie mogłyby się pojawić przynajmniej proste formy życia, które w końcu przekształciłyby się w cywilizacje nadające.

– To zmieniło punkt widzenia naukowców i astronomów na zagadnienie możliwości istnienia życia we wszechświecie – mówi Andrew Siemion, dyrektor Centrum Badawczego SETI przy Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley. – Wiemy na pewno, że warunki niezbędne do powstania żywych istot są we wszechświecie częste, co doprecyzowało pytania stawiane przez naukowców poszukujących inteligencji pozaziemskiej oraz astrobiologię.

Poszukiwanie inteligencji pozaziemskiej przeszło w ostatnich latach rewolucję. W lipcu 2015 roku rosyjsko-izraelski przedsiębiorca z branży zaawansowanych technologii Jurij Milner uruchomił Breakthrough Listen – dziesięcioletni program za sto milionów dolarów, który ma pomóc wykryć sygnał nadawany przez obcą cywilizację. Fundusze Milnera, przekazywane przez Centrum Badawcze SETI w Berkeley, pozwalają na wykupienie tysięcy godzin pracy radioteleskopów w Green Bank w Wirginii Zachodniej oraz w obserwatorium Parkes w Australii. Breakthrough sfinansuje obserwację miliona gwiazd najbliższych Ziemi, czyli obszaru o promieniu trzystu pięćdziesięciu lat świetlnych [12]. To niemal równie daleko, jak dotarło światło niosące z Ziemi świadectwo naszych własnych osiągnięć technologicznych – a więc kosmici w obszarze zbadanym w ramach projektu mogą już wiedzieć o naszym istnieniu. (Ważne: obiekty międzygwiezdne są od siebie odległe w przestrzeni *oraz* czasie. Światło, które dociera do nas z obiektu odległego o tysiąc lat świetlnych, zaczęło swoją podróż tysiąc lat temu – podobnie jest z tym docierającym do hipotetycznych obcych obserwujących Ziemię).

Breakthrough i SETI Institute – grupa badawcza *non profit* z Doliny Krzemowej, od dawna kierująca poszukiwaniem życia poza Ziemią – razem prowadzą największe misje poszukiwawcze w historii za pomocą radioteleskopów nasłuchujących na częstotliwościach tysiąc–piętnaście tysięcy megaherców [13]. Breakthrough zamierza przeszukać też płaszczyznę Drogi Mlecznej – pas przestrzeni, w którym znajduje się większość masy naszej galaktyki – i wiele pobliskich galaktyk. Zastosuje do tego narzędzia optyczne teleskopu APF (Automated Planet Finder, Automatycznego Poszukiwacza Planet) z Obserwatorium Licka w Kalifornii, poszukującego sygnałów laserowych z odległych światów – międzygwiezdnego odpowiednika latarni, które podawały kiedyś wiadomości wzdłuż Wielkiego Muru

Chińskiego. Według Siemiona jeden dzień pracy Breakthrough jest wart tyle, ile rok jakichkolwiek innych poszukiwań w historii [14].

Jeśli połączyć to z uczeniem maszynowym, takim samym jak to, które pomaga szukać asteroid i innych obiektów bliskich Ziemi, nie dziwi, że zdaniem ekspertów od SETI kontakt jest tylko kwestią czasu. Bardzo długo odpowiadali oni na stawiane zarzuty braku sukcesów argumentem – słusznym – że ludzie byli w stanie zbadać tylko bardzo niewielki wycinek nieboskłonu. Patrzenie w kosmos idzie nam jednak coraz lepiej.

– Założę się z każdym o kawę ze Starbucksa, że w ciągu kilkudziesięciu lat znajdziemy obcych – mówi mi Seth Shostak, starszy astronom SETI Institute, gdy odwiedzam go w jego ciasnym gabinecie w Mountain View w Kalifornii. – A kiedy już do tego dojdzie, będzie to największe wydarzenie w dziejach.

Perspektywa kontaktu z kosmitami jest tak ekscytująca, że wiele osób nie chce czekać, aż to oni się do nas odezwą. To ludzie, którzy chcą krzyczeć „Halo!” w kosmos. Nazywamy to czynnym SETI albo wysyłaniem wiadomości do pozaziemskiej inteligencji – METI (Messaging Extraterrestrial Intelligence). Ich niecierpliwość tworzy jednak nowe zagrożenia egzystencjalne.

SETI to poszukiwanie bierne. Mamy nadzieję, że gdzieś w kosmosie istnieje próbująca nawiązać z nami kontakt inteligencja, więc nastawiamy radioteleskopy i próbujemy wychwycić jej komunikaty. Ale to nie tylko metoda poszukiwań – to filozofia. Pierwsi zwolennicy SETI, tacy jak Carl Sagan, uważali za oczywiste, że obce cywilizacje nadające wiadomości są bardziej rozwinięte od nas – i to pewnie znacznie – pod względem zarówno technicznym, jak i etycznym (w końcu ludzie pojawili się we wszechświecie, gdy istniał już czternaście miliardów lat [15]). Ponieważ zakładamy, że

w kosmicznej hierarchii jesteśmy gatunkiem na niskim szczeblu rozwoju – a więc od istot pozaziemskich moglibyśmy się wiele nauczyć – powinniśmy słuchać, nim zaczniemy mówić. Sagan uważał, że krzyczenie w kosmos jest posunięciem do głębi nieroztropnym i niedojrzałym, godnym domagającego się uwagi niemowlaka [16].

Zwolennicy nadawania wiadomości uważają jednak za błąd myślenie, że każda dojrzała technologicznie obca cywilizacja wykona pierwszy krok i zacznie szukać z nami kontaktu. Jeśli my nie nadajemy, to oni też przecież nie muszą. Jest całkiem możliwe, że kosmici nie korzystają już z radia, a więc próby znalezienia śladów obcej cywilizacji na falach radiowych to jak dla nas dzisiaj wypatrywanie sygnałów dymnych. Może zakładają, że nasze milczenie to po prostu znak, że nie chcemy rozmawiać, a w tym wypadku to my musimy podjąć dialog.

Prawda jest taka, że w ramach SETI często dochodziło do pojedynczych prób przesłania wiadomości w kosmos. Pierwszą znaną nam próbę podjęli w 1962 roku radzieccy naukowcy za pomocą radioteleskopu Pluton koło Eupatorii na Krymie. Nadali trzy wyrazy zakodowane alfabetem Morse'a: „MIR", „LENIN" i „SSSR" w kierunku Wenus – zakładając, że zaawansowane społeczeństwo siłą rzeczy musi być zorganizowane na zasadach komunizmu i kosmici pojmą, o co chodzi [17]. Brzmi to śmiesznie – ale w sumie niczym nie różni się od założenia Carla Sagana, że obce formy życia z pewnością wyznają zasady moralne Carla Sagana.

Sowieci podjęli próbę na skalę międzyplanetarną, dopiero jednak sam Frank Drake stał za nadaniem pierwszej wiadomości międzygwiezdnej 16 listopada 1974 roku. Aby upamiętnić nadanie nowej nazwy obserwatorium Arecibo w Portoryko, wówczas mającemu największy radioteleskop na świecie, Drake wysłał sto sześćdziesiąt osiem sekund dwutonowego dźwięku w stronę układu gwiezdnego M13. Dla słuchaczy w Portoryko był

to jedynie szum, jednak nasłuchujący obcy mogliby zauważyć, że wyraźna powtarzalność jego struktury świadczy o sztucznym pochodzeniu sygnału. W wiadomości zakodowano też liczby od 1 do 10, liczby atomowe kilku najważniejszych ziemskich pierwiastków oraz grafikę przedstawiającą Układ Słoneczny i wskazującą na planetę pochodzenia transmisji [18].

Ponieważ M13 znajduje się dwadzieścia pięć tysięcy lat świetlnych od Ziemi, wiadomość Drake'a dotrze do celu dopiero za tysiąclecia, a odpowiedź będzie wracać przynajmniej kolejne dwadzieścia pięć tysięcy lat. Jednak już kilka dni po nadaniu przekazu Królewski Astronom Wielkiej Brytanii Martin Ryle wysłał do Drake'a wściekły list. „Ujawnienie naszego istnienia i położenia w galaktyce [było] bardzo niebezpieczne – pisał. – Nie wiemy, czy stworzenia kosmosu nie mają złych zamiarów albo nie są po prostu głodne" [19].

Główny nurt SETI do dziś unika aktywnego nadawania wiadomości po części ze strachu, że – choć to niezwykle mało prawdopodobne – odbierze je coś nieprzyjaznego lub głodnego. Redakcja magazynu „Nature" opublikowała ostrzeżenie, że „ryzyko związane z czynnym SETI jest realne" [20], a gdy w 2006 roku Międzynarodowa Akademia Astronautyczna powołała komitet do spraw SETI, ale nie wprowadziła zakazu transmisji, dwóch z jej wpływowych członków złożyło dymisję [21]. Stephen Hawking publicznie stwierdził, że uważa zapraszanie istot pozaziemskich za kiepski pomysł. „Sądzę, że mogą mieszkać w olbrzymich statkach […], zużywszy wszystkie zasoby swojej ojczystej planety – powiedział. – Taka zaawansowana cywilizacja może przyjęłaby koczowniczy styl życia, starając się podbić i skolonizować wszelkie planety, do których będzie w stanie dotrzeć" [22].

Lęki te nie powstrzymały grupy rozłamowców przed powołaniem nowej organizacji – METI International – kierowanej przez byłego pracownika SETI Douglasa Vakocha. Breakthrough Initiative Milnera ma też dział Bre-

akthrough Message – otwarty konkurs pomysłów na kosmiczny list. Zainteresowanie METI jest po części wynikiem egzoplanetarnej rewolucji. Skoro jest tak wiele planet, na których może się rozwijać życie, czemu nie zacząć nadawać do nich pozdrowień? O ile wiadomość z Arecibo Drake'a była jak krzyczenie na ślepo w środku lasu, o tyle dziś możemy kierować transmisje do miejsc, gdzie jest szansa na istnienie żywych istot – niektóre z tych planet znajdują się zaledwie sto lat świetlnych od nas. Zwolennicy METI są przekonani, że skoro kosmos jest tak olbrzymi, warto spróbować wszystkiego, co przynajmniej zwiększa szansę nawiązania kontaktu. Ich zdaniem przeceniamy też ryzyko wiążące się z czynnym nadawaniem wiadomości. W końcu od dziesięcioleci z Ziemi wydostają się sygnały radiowe i telewizyjne, które odpowiednio zaawansowana cywilizacja jest w stanie odebrać – nie można powiedzieć, że kompletnie milczymy.

Dyskusja na temat METI dotyczy tak naprawdę nie tyle komunikacji, ile jej treści. Jeśli gdzieś tam rzeczywiście prowadzą nasłuch milczący kosmici, sygnał z METI International albo innej organizacji próbującej się komunikować może być pierwszym, co usłyszą od Ziemian. To olbrzymia odpowiedzialność. Dlaczego jakaś mała grupa miałaby decydować, jak Ziemia powita obcych – albo czy w ogóle to zrobi?

– Ciekawe jest tu założenie, że ktoś ma prawo to zrobić – mówi Kathryn Denning, antropolożka z Uniwersytetu Yorku w Kanadzie, badająca przedziwne plemię, jakim są poszukiwacze kosmitów. – Że ma prawo dokonywać takich wyborów w imię ludzkości i nie myśleć o możliwych konsekwencjach. Fascynuje myśl, że wszystkie innowacje są dobre, a sądzi nas tylko historia.

W ruchu METI jest coś z charakterystycznego dla Doliny Krzemowej etosu gonienia naprzód na łeb na szyję – ignorowania ryzyka, jeśli przeszkadzałoby ono w osiągnięciu celu. Jeśli jest nim nowa wyszukiwarka albo

sieć społecznościowa, da się taką postawę zaakceptować. Co innego natomiast, jeżeli ta innowacja niesie ze sobą ryzyko – choć może i marginalne – zagłady ludzkości. Przerabialiśmy to już w przypadku biotechnologii i sztucznej inteligencji. To kolejny odcinek debaty o antropogenicznych zagrożeniach egzystencjalnych. Jeśli coś wiąże się z nawet minimalnym ryzykiem wyginięcia ludzkości, czy nie powinniśmy podejść do tego zachowawczo, skoro stawka jest tak wysoka? A jeśli tak, to może zanim wyślemy nieznanej obcej cywilizacji o nieznanych możliwościach technologicznych i nieznanych intencjach namiary na naszą planetę, powinniśmy się chociaż zastanowić?

Uważa tak między innymi Olle Häggström, matematyk ze szwedzkiego Uniwersytetu Technicznego Chalmersa oraz autor książki o zagrożeniach egzystencjalnych *Here Be Dragons*.

– Są optymiści, których zdaniem nawiązanie łączności może mieć pozytywne skutki – mówi. – Moglibyśmy nauczyć się od obcych cudownych rzeczy. Jednak pozaziemska cywilizacja o bardzo zaawansowanej technologii może być zagrożeniem, albo chcieć się nas pozbyć, zanim my staniemy się zagrożeniem dla niej. Taki kierunek wskazują prawdziwe argumenty ewolucyjne. Może rozsądniej byłoby obserwować egzoplanety przez dziesięć albo dwadzieścia lat, dopóki nie będziemy w stanie lepiej ocenić ryzyka związanego z komunikacją. Jest po prostu zbyt wielkie.

Osobiście uważam, że Häggström ma rację. Potencjalne korzyści z aktywnego nadawania nie przewyższają ryzyka, jakie się z nim wiąże. Żeby zrozumieć, dlaczego tak jest, należy przyjrzeć się temu, jak rzeczywiście mógłby wyglądać pierwszy kontakt.

Seth Shostak z SETI Institute zapewnia mnie, że istnieje plan na wypadek napotkania obcych form życia. Wbrew temu, co mówi Hollywood, nie ma

facetów w czerni, którzy szybko wywieźliby dowody do Strefy 51, nim wyjdą one na światło dzienne. SETI, podobnie jak jego naukowa matka astronomia, wyznaje etos wspólnotowy: wkład amatorów jest mile widziany, otwartość to rzecz oczywista.

– Nie mamy tajemnic, bo gdy tylko ktoś wykryje chociaż minimalnie interesujący nas sygnał, ktoś go dziś zaraz zatweetuje albo wyśle mail rodzinie – mówi Shostak. – I tak musielibyśmy komuś powiedzieć, bo wymagana jest weryfikacja przez inne obserwatorium. W przeciwnym razie sami byśmy w to nie uwierzyli. Zbyt wiele rzeczy może pójść nie tak.

Shostak sam przeżył coś takiego 24 czerwca 1997 roku, gdy z oddalonej o dwanaście lat świetlnych – czyli w skali kosmicznej w zasadzie nic – gwiazdy YZ Ceti nadszedł impuls [23]. SETI Institute korzystał tego dnia z czterdziestometrowego radioteleskopu w Green Bank – Shostak monitorował jego pracę z kalifornijskiej siedziby organizacji. Poświęcenie kariery naukowej poszukiwaniom inteligentnych form życia oznacza spędzanie jej w stanie zawieszonego rozczarowania. Jak dotąd każdy sygnał, który mógłby wskazywać istnienie obcej cywilizacji, okazał się fałszywym alarmem – źle usłyszanym szumem tła kosmosu albo elektronicznymi pogaduchami naszych własnych sztucznych satelitów. Poszukiwania karmią się jednak nadzieją – wczesnym rankiem 24 czerwca Shostak ją poczuł.

Okazała się płonna. Nie zdążył nawet skończyć rozmowy telefonicznej z ciekawskim reporterem „New York Timesa” i rozważać, jak SETI może ogłosić światu, że kosmici istnieją, nim dodatkowa weryfikacja potwierdziła, że transmisja z YZ Ceti wcale nie nadeszła z YZ Ceti. Okazała się po prostu sygnałem telemetrycznym Obserwatorium Słonecznego i Heliosferycznego – amerykańsko-europejskiej satelity badającej Słońce z kosmosu. Odbiła się od radioteleskopu w Wirginii Zachodniej w sposób, który przez

chwilę był podobny do gwiezdnej wiadomości. Kolejny raz nic, kolejny fałszywy alarm.

– Było blisko, ale potem okazało się, że jednak daleko – stwierdza Shostak.

Ale gdyby sygnał był prawdziwy – i potwierdzony przez inne obserwatorium – Shostak zawiadomiłby Międzynarodową Unię Astronomiczną, Organizację Narodów Zjednoczonych oraz wszystkie inne stosowne instytucje badawcze. Odkrywca ma prawo ogłosić kontakt jako pierwszy – na najważniejszej konferencji prasowej w historii – ale dane byłyby dostępne dla każdego chętnego (z wyjątkiem współrzędnych źródła sygnału, żeby przypadkiem nikt nie zaczął sam prowadzić międzygwiezdnych konwersacji). Potem ludzkość – albo jakaś jej część – będzie musiała zdecydować, czy nadać odpowiedź, a jeśli tak, to co powinna ona zawierać. Byłaby to bardzo, bardzo ciekawa debata.

O ile jednak którejś ze stron nie uda się złamać praw fizyki i podróżować szybciej od światła, łączność radiowa z obcą cywilizacją odbywałaby się przez stulecia albo i dłuższej. Tak wielkie są dystanse między gwiazdami. Wiedzielibyśmy, że ktoś gdzieś tam jest – co jednak oznaczałoby to dla ludzi?

Sagan uważał, że odkrycie pozaziemskiej inteligencji byłoby wielką siłą jednoczącą. Przestalibyśmy myśleć o sobie jako o skłóconych przedstawicielach oddzielnych narodowości, wyznań albo ras, a zamiast tego stalibyśmy się wspólnotą mieszkańców błękitnej kropki zwanej Ziemią.

– Sama wiedza, że nie jesteśmy sami, miałaby głębokie konsekwencje filozoficzne – twierdzi Jacob Haqq-Misra, badacz z Kosmicznego Instytutu Naukowego Blue Marble oraz członek ruchu METI. – Widok zdjęć Ziemi wykonanych z kosmosu zainspirował współczesny nurt ochrony środowiska, uświadomił nam, że nasza planeta nie jest niewyczerpanym zasobem.

Podoba mi się myśl, że odkrycie inteligentnych form życia w podobny sposób uświadomiłoby nam, że wszyscy jesteśmy Ziemianami, bo wiemy, że istnieje ktoś inny.

Jak z sympatią zauważyła Kathryn Denning, ten kosmiczny optymizm był częścią „upalonej, hipisowskiej strony Sagana". Jednak jako antropolożka znacznie bardziej pesymistycznie wyobraża sobie nasz pierwszy kontakt z kosmitami.

– Doświadczenie uczy, że ludzkość jest do głębi ksenofobiczna i w gruncie rzeczy całkiem nieprzyjemna – mówi. – Nie lubimy tego, czego nie rozumiemy, a w przypadku w zasadzie każdego scenariusza kontaktu tak właśnie będzie. Prawdopodobieństwo, że mielibyśmy przewagę, jest nikłe. Nie wydaje mi się zatem, że moglibyśmy się przedstawić z najlepszej strony.

Właśnie dlatego istnienie obcych – a więc także próby czynnego nawiązania z nimi kontaktu – stanowi zagrożenie egzystencjalne. Najprawdopodobniej oddzielać nas od nich będzie nie tylko przepaść przestrzenna, ale i czasowa. Jeśli rozwijają się w tempie zbliżonym do naszego – czyli wchodzą w epokę gwałtownego rozwoju technologicznego po industrializacji – nawet sto lat przewagi oznaczałoby olbrzymią przepaść w zdolnościach militarnych, mniej więcej taką jak między armią z I wojny światowej a współczesnym wojskiem amerykańskim. *Homo sapiens* zdobył zdolność nadawania i odbierania sygnałów kosmicznych – czyli kontaktu – mniej niż sto lat temu. Wszechświat istnieje sto czterdzieści milionów razy dłużej. Jak zauważa Steven Johnson w artykule w „New York Times Magazine" z 2017 roku: „Prawdopodobieństwo, że nasza wiadomość dotrze do społeczeństwa eksperymentującego z radiem krócej niż my albo przez podobny czas, jest szokująco znikome. Wyobraźmy sobie planetę, której rozwój przebiega w tempie tylko o jeden procent innym od naszego: jeśli jej mieszkańcy są

od nas bardziej zaawansowani, to używają radia (i technologii z niego wyprowadzonych) od czternastu milionów lat” [24].

Szanse kontaktu z obcym gatunkiem o podobnym do naszego poziomie technologii są niewiarygodnie małe – mniejsze niż prawdopodobieństwo przypadkowego spotkania z kolegą z liceum na lotnisku w obcym kraju. Ponieważ każda cywilizacja mniej rozwinięta od nas najpewniej nie jest jeszcze zdolna do nadawania albo odbierania sygnałów, o wiele bardziej prawdopodobne, że nasi kosmiczni korespondenci staliby na znacznie wyższym poziomie rozwoju – zwłaszcza gdyby mieli zdolność pokonania przestrzeni międzygwiezdnej i odwiedzenia nas osobiście, co pozostaje wyczynem niewyobrażalnie przewyższającym możliwości gatunku ludzkiego.

Robert Freitas w książce z 1979 roku zatytułowanej *Xenology: An Introduction to the Scientific Study of Extraterrestrial Life, Intelligence, and Civilization* opisuje skalę pozwalającą mierzyć hipotetyczną różnicę siły między społecznościami kosmicznymi a ludźmi. Z jego perspektywy wszystkie osiągnięcia ludzkości w porównaniu z gatunkiem zdolnym podróżować między gwiazdami byłyby jak ameba przeciwko Stanom Zjednoczonym. „Taka cywilizacja nie tylko zdawałaby nam się boska – pisał Freitas – ale pod każdym wyobrażalnym względem praktycznym rzeczywiście byłaby Bogiem” [25].

Mamy pewne doświadczenie w dziedzinie kontaktu oddzielonych od siebie geograficznie cywilizacji na odmiennym poziomie rozwoju technologicznego. Jest nim inwazja półkuli zachodniej dokonana przez Europejczyków – nie skończyła się dobrze dla jej mieszkańców. Według najnowszych szacunków liczebność tubylczych ludów obu Ameryk w latach przed dotarciem Kolumba do Hispanioli mogła wynosić nawet sześćdziesiąt i pół miliona [26]. Z powodu chorób zakaźnych przywiezionych przez europejskich przybyszów – na które miejscowi nie mieli odporności – a także najezdni-

czej polityki wyzysku, niewolnictwa i masakr, populacja kontynentów amerykańskich spadła o dziewięćdziesiąt procent w ciągu zaledwie stulecia. Wielkie kultury, takie jak Aztekowie czy Inkowie, zostały całkowicie zniszczone. Skala zagłady była tak wielka, że dziesiątki milionów hektarów gruntów rolnych, którymi nikt nie mógł się już zajmować, porosły lasy, pochłaniające potem tak wiele dwutlenku węgla, że spadły temperatury na świecie [27]. Dziedzictwem pierwszego kontaktu Ameryki z Europejczykami były rzeź, ludobójstwo i kulturalne wytrzebienie. Podobnie może być z nami, jeśli na Ziemię przylecą kosmici.

W 2015 roku grupa luminarzy nauki i techniki – w tym Elon Musk, który na obcych spogląda z taką samą instynktowną nieufnością jak na SI – podpisała oświadczenie krytykujące działania z dziedziny METI bez podjęcia najpierw zakrojonej na dużą skalę dyskusji [28]. Akademicki gwiazdor Jared Diamond – autor sławnej książki *Strzelby, zarazki, maszyny*, w której opisał, dlaczego jego zdaniem to różnice geograficzne odpowiadają za fatalną technologiczną i bakteriologiczną przepaść między kulturami Eurazji a rdzennymi Amerykanami – przestrzegł, że próba kontaktu z obcymi byłaby „samobójczym szaleństwem". „Jeżeli rzeczywiście są jakieś cywilizacje radiowe w zasięgu odbioru, to, na litość boską, wyłączmy nasze nadajniki i starajmy się uniknąć wykrycia albo będzie po nas" – pisał w 1992 roku w książce *Trzeci szympans* [29].

Z pewnością jednak wojsko ma plan odparcia inwazji obcych, który mógłby zjednoczyć ludzkość we wspólnej walce. Prezydent Ronald Reagan powiedział w 1985 roku licealistom ze stanu Maryland, że przybycie wrogo nastawionych kosmitów mogłoby doprowadzić do pokoju między Ameryką a ZSRR: „Gdyby nagle pojawiło się zagrożenie dla świata ze strony innego gatunku z odległej planety gdzieś we wszechświecie, zapomnielibyśmy

o wszystkich małych, lokalnych sporach między naszymi krajami i wszyscy raz na zawsze przekonalibyśmy się, że naprawdę jesteśmy ludźmi” [30].

Gdyby jednak naprawdę zagrażali nam kosmici, prawdopodobnie razem dalibyśmy radę tylko umrzeć. Rosjanom trzeba przyznać, że są pod tym względem szczerzy. Podczas konferencji prasowej w Centrum Testów i Kontroli Systemów Kosmicznych imienia Titowa jeden z dziennikarzy zapytał Sergieja Bierieżnoja, zastępcę szefa centrum, czy rosyjskie wojsko jest w stanie obronić kraj przed pozaziemską inwazją. „Jak na razie nie jesteśmy w stanie podołać atakowi kosmitów – powiedział. – Niestety nie jesteśmy gotowi, by zwalczyć pozaziemską cywilizację” [31].

Pentagon nie wydaje się lepiej przygotowany. Siły Powietrzne USA prowadziły po II wojnie światowej program badania niezidentyfikowanych obiektów latających (*Unidentified Flying Object*, UFO) – projekt Blue Book. Został jednak zakończony w 1969 roku, gdy jego decydenci orzekli, że rzekome UFO nie jest zagrożeniem dla bezpieczeństwa narodowego, nie świadczy o postępach technologicznych nieznanych obecnemu stanowi wiedzy, a poza tym z całą pewnością nie pochodzi spoza naszej planety [32]. Z nowszych wieści mamy artykuł z 2017 roku, w którym „New York Times” ujawnił, że Departament Obrony wydał dwadzieścia dwa miliony dolarów na częściowo utajniony Program Identyfikacji Zaawansowanych Zagrożeń dla Przestrzeni Powietrznej (*Advanced Aerospace Threat Identification Program*), badający doniesienia o UFO [33] i zamknięty w 2012 roku. Do dziś nie jest jasne, czy powstał on w związku z poważnym potraktowaniem zagrożenia ze strony obcych, czy też dlatego, że były przywódca większości senackiej Harry Reid (reprezentujący Nevadę, gdzie znajduje się legendarna Strefa 51 [34]) był osobiście zainteresowany tym tematem [35]. W 2018 roku prezydent Trump zaproponował powołanie nowej części wojska, sił kosmicznych, jednak jej zakresem odpowiedzialności byłoby raczej

wykorzystanie przestrzeni kosmicznej do prowadzenia działań na Ziemi, a nie obrona planety przed inwazją z kosmosu – o ile niesprecyzowana koncepcja szefa rządu USA kiedykolwiek stanie się rzeczywistością.

Nawet jeśli nie ocali nas wojsko, to może sama Ziemia da nam jakąś przewagę w walce z najeźdźcą? W *Wojnie światów* Wellsa atakujący Marsjanie są tak rozwinięci, że posiadają „umysły, które się mają do naszych tak, jak umysł ludzi ma się do umysłu zwierząt", przybywają zaś uzbrojeni w wyrzutnie „snopów gorąca" oraz broń chemiczną [36]. Ludzkość wygrywa wojnę tylko dlatego, że kosmici umierają na ziemskie choroby, na które nie mają odporności. W rzeczywistości nie ma jednak powodu sądzić, że ocalą nas patriotyczne zarazki. Europejska inwazja na Amerykę uczy, że często to bardziej zaawansowani technologicznie najeźdźcy przywożą ze sobą mordercze choroby, a nie na odwrót. Ospa, odra, tyfus plamisty i cholera to fatalne dary Europy dla Nowego Świata, najbardziej odpowiedzialne za jego etniczną czystkę [37].

Przejmowanie się zarazkami wynika z założenia, że obcy będą stworzeniami organicznymi tak jak my. Ale to może być po prostu biologiczny szowinizm. Jak widzieliśmy w ostatnim rozdziale, istnieje przynajmniej możliwość, że człowiek stworzy kiedyś silną SI, która stanie się później superinteligentna i zastąpi nas w roli dominującej siły na tej planecie. Kosmiczna cywilizacja rozwijająca się o wiele stuleci dłużej od nas miałaby znacznie więcej czasu, by przeżyć taką katastrofę. Z pewnością skomplikowałoby to próby komunikacji – próbowalibyśmy rozmawiać z innym gatunkiem, powstałym na planecie położonej o lata świetlne od nas, właściwie pozbawionym wspólnych punktów odniesienia, i to jeszcze takim, który już porzucił swoje organiczne korzenie. Jeśli trudne zdaje się Państwu wyobrażenie sobie, jak mogłaby się zachowywać stworzona przez człowieka

sztuczna superinteligencja, proszę spróbować z superinteligencją z innego świata.

Sztuczna pozaziemska inteligencja miałaby większe szanse na dotarcie do naszej planety, ponieważ najprawdopodobniej nie byłaby ograniczona skończoną długością życia tak jak istoty biologiczne. Jednak nawet organiczni kosmici mogą zdecydować się wysłać na odkrywanie kosmosu bezzałogowe sondy – z tych samych przyczyn, dla których niemal cała ludzka eksploracja Układu Słonecznego z wyjątkiem Księżyca była dotąd dziełem maszyn, a nie astronautów.

Naszą najlepszą obroną przed wrogą inteligencją pozaziemską są galaktyczne odległości. Obcy mogą jednak dokonać u nas wielkich zniszczeń, nadając po prostu wiadomość; wcale nie muszą się zjawiać na Ziemi. Jeśli nie krzykną po prostu „CZEŚĆ” przez kosmiczny megafon, transmisja radiowa z kosmosu niemal na pewno będzie wymagała analizy komputerowej. Każdy użytkownik sieci z pewnością zna zagrożenie ze strony złośliwego oprogramowania. W 2018 roku Michael Hippke z obserwatorium Sonneberg w Niemczech oraz John Learned z Uniwersytetu Hawajskiego zauważyli, że nie możemy mieć pewności „odkażenia” wiadomości od obcych bez otwierania jej. Podobny komunikat może natomiast zawierać wirus zdolny uszkodzić sieci komputerowe całego świata – albo dokonać jeszcze gorszych zniszczeń. Odczytanie transmisji stanowi zatem zagrożenie egzystencjalne samo w sobie – w końcu, jak piszą Hippke i Learned, „taniej jest [obcym] wytępić ludzkość za pomocą szkodliwej wiadomości, niż wysyłając okręty wojenne” [38].

Gdyby nasz gatunek spotkała zagłada przez nieostrożną obsługę poczty elektronicznej, byłaby to tragedia, ale też nic zaskakującego – przynajmniej dla tych, którzy widzieli kiedyś apokaliptyczne następstwa korzystania z opcji „odpowiedz wszystkim”. Każdy kontakt z inteligencją pozaziemską,

niezależnie od pozostałych następstw, miałby mimo wszystko jeden plus: wiedzielibyśmy, że przynajmniej jedna inteligentna forma życia przetrwała wszystkie zagrożenia egzystencjalne miotane w nią przez wszechświat – asteroidy, promieniowanie gamma, nagłe zmiany klimatu – i te, które wywołała sama. Moglibyśmy stąd zaczerpnąć odrobinę egzystencjalnej nadziei, tak potrzebnej w przesiąkniętym poczuciem ryzyka ziemskim XXI wieku.

Co jednak, jeśli okaże się, że nie ma tam nikogo, że jesteśmy sami we wszechświecie? Nadzieję zastąpiłaby egzystencjalna groza.

W poszukiwaniach inteligencji pozaziemskiej – czynnych albo biernych – istnieje niewypowiedziane założenie, że jest ktoś, kogo możemy odnaleźć. Równanie Drake'a, szacujące liczbę transmitujących cywilizacji w galaktyce, można rozwiązać na miliony sposobów, ale ani on, ani nikt inny w SETI nie uwierzyłby nigdy, że wynikiem może być jeden – czyli jedyną taką cywilizacją byłaby nasza. A mimo to po dziesięcioleciach nasłuchiwania wieści z niebios doczekaliśmy się w odpowiedzi tylko „Wielkiego Milczenia", jak określił to naukowiec i pisarz David Brin [39]. Pomimo prognoz – na przykład Drake'a – a także ogromu i starożytności wszechświata, które przecież na pozór dawałyby wiele czasu oraz miejsca, żeby inteligentne cywilizacje podobne do naszej mogły oznajmić swoją obecność, niczego nie widzimy ani nie słyszymy. Powinno to skłonić nas do refleksji, może przyprawić o odrobinę zgrozy. Pusty wszechświat może być nie tylko wyrokiem samotności, ale też świadczyć, że jest czynnie nieprzyjazny inteligentnym formom życia – także nam. Powtórzmy zatem pytanie Fermiego: Gdzie są wszyscy?

Choć jego nazwisko przypisano pytaniu, które legło u podstaw debaty o inteligencji pozaziemskiej, niewiele wskazuje na to, by sam Enrico Fermi

poświęcał obcym wiele uwagi. Po zakończeniu projektu Manhattan pozostał konsultantem w Los Alamos, pracował przy projekcie bomby wodorowej Edwarda Tellera. Pewnego dnia w 1950 roku jadł obiad w laboratorium ze swoimi kolegami: Tellerem, Emilem Konopinskim oraz Herbertem Yorkiem. Rozmowa zeszła na temat satyrycznej ilustracji z „New Yorkera", na której zielone ludziki niosły kosze na śmieci skradzione z ulicy. Nagle Fermi zapytał: „Gdzie są wszyscy?". Był to wybuch bardzo w stylu fizyka – rzucone znikąd pytanie docierające do samego sedna. Jeśli obcy rzeczywiście istnieją, to czemu jeszcze ich nie zauważyliśmy wśród olbrzymiego kosmosu liczącego miliardy lat? Dlaczego nie przylecieli na Ziemię, żeby nas podbić albo chociaż okraść ze śmietników? Gdzie są wszyscy? [40]

Nie wiemy, czy Fermi miał swoją odpowiedź na to pytanie – zmarł kilka lat później, a każdy z jego kolegów pamiętał tę rozmowę nieco inaczej. Teller i York sądzili, że mówił o tym, czy w ogóle jest możliwa międzygwiezdna podróż – w końcu były to czasy jeszcze przed Sputnikiem oraz pierwszymi próbami poszukiwania sygnałów pozaziemskich. Jeśli naprawdę nie można podróżować szybciej od światła – jak podaje szczególna teoria względności Einsteina – może nie powinno zaskakiwać, że nie znaleźliśmy żadnych śladów kosmicznej inteligencji. Jak wiele lat później powiedział fizykowi Ericowi Jonesowi Teller, Fermi zastanawiał się, czy „mieszkamy gdzieś na wygwizdowie, z dala od metropolii galaktycznego centrum". Do dziś Einsteinowskie ograniczenie prędkości oraz międzygwiezdne dystanse tłumaczą, dlaczego nigdy nie doczekaliśmy się potwierdzonej wizyty z kosmosu, nawet jeśli gdzieś tam istnieją inteligentne formy życia.

York pamiętał jednak, że Fermi zagłębił się w temat, rzucając po swoim pytaniu szybką formułę wyliczającą prawdopodobieństwo powstania planety podobnej do Ziemi, rozwinięcia się na niej życia, czasu trwania cywili-

zacji technologicznej – równanie Drake'a przed Drakiem. „Na podstawie tych obliczeń doszedł do wniosku, że obcy powinni nas odwiedzić już dawno temu, i to wiele razy – powiedział York Jonesowi. – Z tego, co pamiętam, podsumował następnie, że dzieje się tak może przez to, iż lot międzygwiezdny jest niemożliwy, albo jeśli nie jest niemożliwy, to nie uważa się go za warty zachodu, *albo cywilizacje technologiczne nie istnieją dość długo, by do niego doszło* [podkreślenie moje – B.W.]".

Pytanie zadane przy tamtym obiedzie znamy dziś jako paradoks Fermiego, choć tak naprawdę nie jest paradoksem, a poza tym rozwinęli go autorzy piszący wiele lat po śmierci fizyka [41]. Istnieją dziesiątki możliwych rozwiązań tej zagadki. Do najbardziej prawdopodobnych należy teza, że ogrom przestrzeni kosmicznej pozostawia możliwość, iż jeśli istnieją w galaktyce rozwijające się niezależnie od siebie cywilizacje, to mogą po prostu nigdy na siebie nie trafić – zauważył to sam Fermi. Problem z takim założeniem polega na tym, że galaktyka jest nie tylko olbrzymia, ale też stara. Nawet jeśli fizycznie nie da się podróżować z prędkością zbliżoną do prędkości światła – nie wspominając już o jej przekraczaniu, jak statek kosmiczny Enterprise ze *Star Treka* – to obca cywilizacja mogłaby skolonizować sporą część kosmosu, podróżując z szybkością podświetlną, o ile miałaby na to dość czasu [42].

Według matematyków Duncana Forgana i Arwen Nicholson z Uniwersytetu Edynburskiego pojazd kosmiczny podróżujący z prędkością równą 0,1 prędkości światła – olbrzymią, ale nie niemożliwą – przeleciałby z jednego końca Drogi Mlecznej na drugi w zaledwie dziesięć milionów lat. To bardzo, bardzo długo z ludzkiego punktu widzenia – przeszło tysiąc razy dłużej niż istnieje nasza cywilizacja – ale to również tylko 0,1 procent wieku naszej galaktyki [43]. W jej historii dałoby się to zrobić nie raz, ale wiele razy, tak jak na Ziemi powstawały i upadały imperia. Jeśli jakieś obce mocarstwo

zastąpiłaby sztuczna inteligencja, której nie przeszkadza niefortunna cecha stworzeń organicznych zwana śmiercią, ekspansja byłaby pewnie jeszcze łatwiejsza.

Dochodzimy więc do stwierdzenia, że galaktyczne podboje są możliwe, ale nie widzimy po nich ani śladu. Nie ma kolonii na Ziemi – najbardziej gościnnej znanej nam planecie w galaktyce – ani w naszym Układzie Słonecznym, ani też nigdzie indziej, gdzie patrzymy teleskopami. Znowu: Gdzie są wszyscy?

W tym punkcie proponowane rozwiązania paradoksu Fermiego stają się kreatywne. Według jednej z hipotez kosmici istnieją, ale ukrywają przed nami swoją obecność. Astronom John Ball z MIT stwierdził, że pierwsza cywilizacja w dziejach galaktyki zdolna do podróży kosmicznych zdobyłaby tak ogromną władzę – w końcu mogłaby zagarnąć wszystkie zasoby kosmosu – że w zasadzie od niej zależałby gwiezdny porządek [44]. Może tak jak my postanowiliśmy stworzyć rezerwaty przyrody i nie nawiązywać kontaktu z niektórymi rdzennymi plemionami – wiedząc z doświadczenia, że to zabiłoby ich kulturę – tak też ci superpotężni kosmici zostawili nas samym sobie, byśmy mogli się rozwinąć.

Może obcy próbują się z nami komunikować, ale za pomocą nie radia, tylko technologii, której jeszcze nie opanowaliśmy? Niech sobie Państwo wyobrażą współczesnego człowieka próbującego telefonować do jaskiniowca. A przecież oni mieliby jakieś wspólne punkty odniesienia i podobną biologię. Gdyby rozwinięci kosmici naprawdę zdecydowali się nawiązać z nami łączność, pewnie bardziej przypominałoby to rozmowę człowieka z mrówką. Czy chcieliby Państwo poświęcić czas i wysiłek na zrozumienie, co może zakomunikować ten drobny owad? Pewnie nie – macie ważne ludzkie sprawy. Podobnie może być z wystarczająco rozwi-

niętą inteligencją pozaziemską – czyli niemal każdą, na jaką mamy szansę trafić. Zamiast Wielkiego Milczenia mielibyśmy Wielką Obojętność.

Jednak nawet jeśli obcy nie chcą się z nami porozumiewać – czy to za sprawą oświeconej polityki, czy zwykłej apatii – nie tłumaczyłoby to, dlaczego nie widzimy żadnych śladów ich bytności. Kosmiczna cywilizacja sięgająca gwiazd zużywałaby olbrzymie ilości energii. W latach 1775–2009 zużycie energii tylko w Stanach Zjednoczonych wzrosło przeszło czterysta pięćdziesiąt razy, gdy przekształcały się one z trzynastu preindustrialnych kolonii w największe gospodarcze i polityczne mocarstwo świata [45]. Świadectwo nieugaszonego energetycznego pragnienia Ameryki widać wszędzie, od olbrzymich szybów kopalni węglowych po wymierny wzrost światowej temperatury w wyniku emisji gazów cieplarnianych. Niech sobie Państwo wyobrażą, ile razy więcej energii trzeba byłoby do zasilenia międzygwiezdnego imperium – i jak wielki pozostałby po tym fizyczny ślad. Fizyk Freeman Dyson, którego pamiętamy z szóstego rozdziału, wyobrażał sobie nawet sztuczne elektrownie zbudowane wokół gwiazdy, by zbierać jej energię u źródła – to tak zwane sfery Dysona. Wprawdzie to tylko eksperyment myślowy, jednak Dyson uważał, że zaspokojenie energetycznych potrzeb zaawansowanej cywilizacji technologicznej wymagałoby czegoś o podobnej skali i że moglibyśmy szukać megastruktur tak samo jak poszukujemy inteligentnych form życia. A jednak wpatrując się w gwiazdy, nie dostrzegliśmy niczego podobnego – ani w ogóle żadnych wyraźnie sztucznych konstrukcji.

Może zatem kosmici się ukrywają – i to nie tylko po to, żeby nie zaburzać naszego rozwoju, ale dlatego, że nie chcą być odnalezieni przez nikogo. Skoro my boimy się gwiezdnej inwazji, oni też mogą. Być może cywilizacje pozaziemskie nauczyły się nie ściągać na siebie uwagi, tylko

siedzieć cicho na uboczu – a te gatunki, które wychodziły przed szereg, spotkała przedwczesna zagłada.

To rozwiązanie paradoksu Fermiego powinno nas przyprawiać o gęsią skórkę – każe bowiem zadać sobie pytanie, cóż takiego może nam się stać, gdy zaczniemy robić w galaktyce szum. Nasze fale radiowe trafiają w kosmos od dziesięcioleci, a każdy uważnie przypatrujący się kosmita dostrzeże światła elektryczne palące się po tej stronie naszej planety, na której akurat panuje noc. Być może obce formy życia obserwują nas z kosmicznej ciemności i jeśli zaczniemy wykazywać niebezpieczne cechy – na przykład skłonność do bezmyślnego zużywania wszystkich dostępnych zasobów – przylecą gwiezdni gliniarze i zrobią z nami porządek. Brzmi znajomo? To fabuła klasycznego filmu *science fiction* z 1951 roku *Dzień, w którym zatrzymała się Ziemia* (oraz jego nowej wersji z 2008 roku z Keanu Reevesem).

Możliwe też, że obcy wcale się nie ukrywają, tylko hibernują. Anders Sandberg i Stuart Armstrong z Instytutu Przyszłości Ludzkości oraz Milan Ćirković z Obserwatorium Astronomicznego w Belgradzie [46] sądzą, że wysoce zaawansowane obce cywilizacje mogą przechodzić w stan uśpienia nawet na miliardy lat, by zaoszczędzić energię – w miarę jak wszechświat się starzeje, staje się chłodniejszy, a jednym ze skutków ubocznych niższej temperatury jest wzrost wydajności mocy obliczeniowej (w zasadzie kosmici nie pozostawaliby w stanie hibernacji, tylko estywacji, czyli snu letniego). Jeśli obcy poczekaliby z wybudzeniem wystarczająco długo – powiedzmy parę bilionów lat – ich komputery będą w stanie wykonać dziesięć^{30} razy więcej obliczeń za każdą jednostkę energii. W tym scenariuszu kosmici zatem istnieją – po prostu nam zdarzyło się czuwać, gdy oni śpią.

Rozwiązywanie paradoksu Fermiego to *fan fiction* zwolenników SETI – w ten sposób powstają koncepcje dziwne, lecz twórcze, a ponieważ właściwie nie mamy jak ich weryfikować, można je tworzyć w nieskończoność. Jest jednak jeden wariant, który spędza nam sen z powiek, choć oznaczałby, że nigdy nie dotknie nas inwazja obcych: kosmici kiedyś istnieli, ale już ich nie ma. Wielkie Milczenie to cisza absolutna – która może się stać także naszym udziałem.

To, że nie ma na coś dowodów, nie jest dowodem, że tego czegoś nie ma. W SETI często stosuje się tę naukową maksymę, by wyjaśnić, czemu nie znaleźliśmy jeszcze śladów życia poza Ziemią. Jak do tej pory przyjrzeliśmy się zaledwie tysiącom z setek miliardów[47] układów gwiezdnych – mniej niż jednemu procentowi tego, co istnieje.

– Kiedy wyjeżdżałem rano z domu, nie widziałem ani jednej gazeli – mówi Seth Shostak. – Może gazele nie istnieją, a może po prostu nie było ich na moim podjeździe.

Jednak im dłużej szukamy i nie znajdujemy niczego, tym trudniej powtarzać ten argument.

Wróćmy do równania Drake'a. Drugą zmienną jest w nim odsetek gwiazd mających planety. W 1961 roku nie było jeszcze dowodów, że są jakieś planety poza naszym Układem Słonecznym. Po prostu nie mieliśmy wtedy technologii pozwalającej je dostrzec – dziś jednak mamy[48]. Następną zmienną jest liczba planet na system gwiezdny zdolnych podtrzymać życie. To mniej pewne, jednak wiele odkrytych dotąd egzoplanet mieści się w przedziale orbitalnym, gdzie prawdopodobnie mogłoby na nich powstać życie podobne do takiego, jakie znamy.

To wyeliminowało jedno potencjalne rozwiązanie paradoksu Fermiego: hipotezę rzadkiej Ziemi. Zgodnie z nią planety podobne do naszej, na których może rozwijać się życie, są we wszechświecie bardzo nieliczne. Nie

powinno nas to zaskakiwać – odkąd Kopernik usunął Ziemię z centrum Układu Słonecznego, postępy astronomii raz po raz dowodziły, że wcale nie jest ona tak wyjątkowa, jak nam się wydawało. Znaczy to jednak, że powinno być wiele miejsc, gdzie mogłyby powstać żywe istoty, co czyni Wielkie Milczenie jeszcze bardziej niezrozumiałym.

Tu dochodzimy do „wielkiego filtra". Pojęcie to, ukute przez ekonomistę Robina Hansona, oznacza wyjaśnienie paradoksu Fermiego w sposób wyjątkowo istotny dla naszej przyszłości na tej planecie. Według Hansona gdzieś na ewolucyjnej ścieżce od powstania cząstek organicznych na planecie przyjaznej dla życia do powstania cywilizacji zdolnej zostawić w gwiazdach jakiś znak swojego istnienia może stać wielki filtr. Czy przypada on przed, czy po obecnym stadium rozwoju ludzkości, jest – jak ujął to filozof Phil Torres – „najważniejszym pytaniem stojącym przed badaczami zagrożeń egzystencjalnych" [49].

Wielki filtr możemy sobie wyobrazić w następujący sposób. Za rok czeka Państwa spotkanie z okazji czterdziestej rocznicy matury. Nagle zdają sobie Państwo sprawę, że nikt z poprzedniego rocznika – tego, który powinien odbywać swoje spotkanie w tym roku – nie dożył tej uroczystości. Co się stało? Jeśli większość z nich zmarła, gdy miała dwadzieścia pięć, trzydzieści pięć albo czterdzieści pięć lat, byłaby to wielka tragedia, ale przynajmniej mogliby się Państwo pocieszać, że te progi macie już za sobą. Jeśli jednak większość z nich zmarła w zeszłym roku – gdy byli w tym samym wieku co Państwo teraz – powinniście się bardzo niepokoić, ponieważ oznaczałoby to, że właśnie czeka Państwa wielki filtr wychowanków waszego liceum.

Pamiętają Państwo, że czwartą zmienną w równaniu Drake'a jest odsetek przyjaznych dla życia planet, na których powstają najwcześniejsze formy organizmów żywych. To pierwszy punkt, w którym może działać

wielki filtr. Możliwe, że abiogeneza – proces przekształcania się substancji organicznych z materii nieożywionej w podstawowe mikrobiologiczne formy życia – zwyczajnie nie zdarza się tak często. Albo też – idąc dalej po szlaku wytyczonym przez równanie Drake'a – najprostsze formy życia są powszechne, jednak miliardy lat przetrwania, ewolucji i czystego szczęścia potrzebne, by osiągnęły poziom inteligencji, to już twardszy orzech do zgryzienia. Niech sobie Państwo przypomną, ile to razy masowe wymieranie niemal wybiło całe życie na Ziemi, jak niewiele brakowało, by ludzie wyginęli tysiące lat przed tym, zanim mogliby wysłać komunikat w kosmos. Historia naszej planety – od pierwszych przypadków życia trzy i pół miliarda lat temu [50] po współczesnego, podróżującego w kosmos *Homo sapiens* – może być zwyczajnie szczęśliwym zrządzeniem losu, które raczej nie powtórzy się nawet w galaktyce równie olbrzymiej i starej, co Droga Mleczna.

Jeżeli wielki filtr wypada gdzieś przed obecnym poziomem rozwoju ludzkości – to jest przed zasilanym atomowo, zmieniającym klimat rozwojem technologicznym – poszukiwaczy innych inteligencji, z którymi można by dzielić wszechświat, czekałoby wielkie rozczarowanie, jednocześnie moglibyśmy jednak odetchnąć z ulgą. Znaczyłoby to bowiem, że nie czeka nas wielki filtr w przyszłości, że już przeszliśmy tę próbę. Wciąż groziłaby nam zagłada ze strony wszystkich opisanych w tej książce zagrożeń, jednak znacznie wzrosłyby nasze szanse przetrwania.

Nie wiemy jeszcze, gdzie wypada wielki filtr, zaczynamy jednak odkrywać poszlaki, że przynajmniej proste organizmy mogą powstać poza naszą planetą. W 2018 roku łazik Curiosity odkrył na Marsie różne cząsteczki organiczne, które mogłyby stać się podstawą życia, a także dowody, że w atmosferze planety sezonowo pojawiają się skupiska metanu, gazu wytwarzanego na Ziemi głównie przez istoty żywe [51]. Czerwona planeta nie

jest jedynym potencjalnym mieszkaniem życia w Układzie Słonecznym – księżyc Saturna Tytan ma aktywną chemicznie, bogatą w węgiel atmosferę, pod jego zamarzniętą powierzchnią może być woda w stanie ciekłym [52]. A gdzie woda, tam może być też życie.

I to życie bardzo wytrzymałe. Badacze z Instytutu Astronomii imienia Maxa Plancka oraz Uniwersytetu McMastera opublikowali w 2017 roku badania wskazujące, że żywe organizmy powstały z meteorytów i sadzawek zaledwie kilkaset lat po tym, jak Ziemia wychłodziła się na tyle, by mogła się na jej powierzchni skroplić woda [53]. Mikroby ekstremofile żyją nawet w wyjątkowo trudnych warunkach, od studwudziestostopniowych temperatur panujących w kominach hydrotermalnych, przez alkaliczne jeziora na graniach najwyższych gór Chile [54], po miażdżące ciśnienie panujące na dnie Rowu Mariańskiego [55]. Astrobiolodzy z NASA organizują nawet wyjazdy badawcze do najbardziej ekstremalnych środowisk na Ziemi, by badać formy życia, które mogłyby przetrwać poza naszą planetą. „Życie może być święte – pisze Shostak – ale może też być powszednie” [56].

Jeżeli okaże się, że to prawda, byłaby to wspaniała wiadomość dla astrobiologów, ale „zły znak dla przyszłości ludzkości”, jak uważa Nick Bostrom [57]. Im więcej znajdziemy dowodów, że powstanie życia nie stanowi wielkiej rzadkości, tym bardziej powinniśmy się martwić.

– Jeśli wielki filtr jest dopiero przed nami, to mamy problem – twierdzi Olle Häggström. – A gdy odkrywamy, że gdzieś tam istnieją proste formy życia, mówi to nam, że filtr wypada raczej później niż prędzej.

Najgorsze byłoby odnalezienie „nekrosygnatur” – śladów wymarłych obcych cywilizacji. Tak jak archeolodzy przegrzebują piach w poszukiwaniu ludzkich kultur, które przestały istnieć, tak też astronomowie szukają dowodów na istnienie kosmitów, którzy już wyginęli. W 2015 roku astronomowie Adam Stevens, Duncan Forgan i Jack O’Malley-James opublikowali

przewodnik poszukiwania nekrosygnatur dających się obserwować z Ziemi. Jeśli jakiś gatunek zniszczył się za sprawą broni biologicznej, to na zwłokach ucztowałyby mikroby, wydzielające być może wykrywalne stężenie metanotiolu i etanu. Śladem zagłady atomowej mogłoby być przerzedzenie warstwy ozonowej planety lub wzmocnienie poświaty, przez które atmosfera emitowałaby zielonkawy blask. Gdyby jakaś zamieszkała planeta została rzeczywiście zniszczona – na przykład przez „gwiazdę śmierci" – w jej pozostałościach dałyby się znaleźć sztuczne substancje [58].

Astrofizyk Adam Frank z Uniwersytetu Rochester rozważał możliwość wyginięcia obcego gatunku pod wpływem zagrożenia egzystencjalnego doskonale znanego nam na Ziemi – zmian klimatu. O swoich badaniach pisze w znakomitej książce *Light of the Stars* z 2018 roku. Frank uważa, że jeśli gdzieś w galaktyce pojawiły się inne inteligentne gatunki, to mogły stosować źródła energii wywołujące jako skutek uboczny globalne ocieplenie – zupełnie jak my [59]. W tak zarysowanej perspektywie zmiany klimatu są nieodłącznym towarzyszem rozwoju technologicznego – byłyby to bardzo złe wieści, ponieważ spośród czterech potencjalnych wariantów przewidywanych przez modele Franka trzy kończą się katastrofą [60].

W wariancie wymierania populacja wzrasta równie gwałtownie jak temperatura, póki nie osiągnie szczytu, po którym się załamuje. Pozostaje tylko garstka ocalałych, może zbyt mała, by zawiadomić o swoim istnieniu wszechświat. W modelu upadku bez przemian surowcowych obca cywilizacja wykorzystuje zmieniające klimat zasoby – takie jak węgiel i ropa, które wciąż spalamy na Ziemi – dopóki jej planeta nie przekroczy punktu zwrotnego, bo za nim czeka upadek i możliwe wyginięcie. To samo zdarza się w wariancie trzecim, w którym dochodzi do zmiany środków energii, jednak za późno, by zatrzymać ocieplenie. Tylko w czwartym scenariuszu – zrównoważonego rozwoju – kosmici wystarczająco wcześnie przechodzą

na mniej szkodliwe surowce i osiągają trwałą równowagę ze środowiskiem. Zmiany klimatu stają się zatem uniwersalnym rozwiązaniem paradoksu Fermiego – źle wieszczącym naszej przyszłości na Ziemi, na której trwa przecież ocieplanie.

– Może to, co dzieje się u nas, stało się już wiele milionów razy – mówi Frank. – Jeśli nic z tym nie zrobimy, to przez własną głupotę.

Nie widzieliśmy jeszcze żadnych astronomicznych pozostałości obcych cywilizacji zniszczonych przez zmiany klimatu – jednak nie widzieliśmy też dowodów na istnienie takiej, która rozwijałaby się w harmonii ze środowiskiem. Zmiany klimatu są równie dobrym wytłumaczeniem, jak każde inne – jeśli bowiem istnieje wielki filtr, który skraca czas istnienia inteligentnych cywilizacji, wydaje się logiczne, że byłby wspólny dla wszystkich, zakorzeniony w tym, jak żywe istoty wykorzystują energię oraz rozwijają się technologicznie, tak jak dawne cywilizacje na Ziemi powstawały i upadały z podobnych, niekiedy nawet przewidywalnych przyczyn.

Tym filtrem nie musi być jednak zmiana klimatu. Niemal każde z zagrożeń egzystencjalnych opisanych w tej książce to równie dobry kandydat na winowajcę. Atomowe reakcje łańcuchowe działają wszędzie, nie tylko na Ziemi; w końcu jedna z nich jest źródłem energii Słońca i innych gwiazd. Joshua Cooper, matematyk z Uniwersytetu Karoliny Południowej, postulował, że cywilizacje mogą osiągać zdolność do lotu w kosmos mniej więcej w tym samym czasie co umiejętność manipulacji własnym kodem genetycznym, możliwe więc, że do zagłady prowadzi je zaawansowana broń biologiczna [61]. W zasadzie jedynym zagrożeniem egzystencjalnym spowodowanym przez człowieka – czy przez istoty rozumne w ogóle – które nie wpisuje się w teorię wielkiego filtra, jest sztuczna inteligencja. Superinteligentna SI zapewne przetrwałaby zagładę wypartego przez siebie gatunku

i pozostawiła „fizyczny ślad we wszechświecie”, jak powiedział mi Hanson – być może przerabiając galaktykę na spinacze do papieru.

To wszystko to oczywiście czysta spekulacja, ponieważ wciąż tak niewiele wiemy o otaczającym nas wszechświecie oraz naszym w nim miejscu. Szukamy więc dalej. „Pierwsze ślady pozaziemskiej inteligencji możemy odkryć w pozostałościach mniej roztropnych cywilizacji – piszą Stevens, Forgan i O’Malley-James w podsumowaniu swojego artykułu o nekrosygnaturach. – Kiedy to uczynimy, informacje te przyniosą nam nie tylko wiedzę, ale też mądrość” [62].

Wiedzę – tak, mądrość – nie byłbym taki pewien. Pionierzy SETI uważali, że odkrycie pozaziemskiej inteligencji rozpali nadzieję na przetrwanie okresu, który Sagan nazwał technologicznym dojrzewaniem. Być może kosmici – niczym starsze rodzeństwo – przeprowadzą nas przez ten etap przejściowy. Jednak odkrycie wymarłych cywilizacji – zwłaszcza połączone z niezdolnością nawiązania kontaktu z istniejącymi – powiedziałoby nam raczej, że możemy być skazani na zagładę. Ujawniona zostałaby ostatnia zmienna równania Drake’a – długość istnienia inteligentnego gatunku – i wiedzielibyśmy, że nasza kosmiczna samotność wynika z tego, że ci, którzy dzieliliby z nami wszechświat, wymarli… a nas może czekać to samo.

9

Przetrwanie

Następny dzień

Każdy chciałby ocalić świat – nic więc dziwnego, że tak właśnie kończą się niemal wszystkie opowieści o armagedonie. W ostatniej chwili bohaterowie powstrzymują odliczanie do atomowej zagłady, wynajdują szczepionkę na zabójczy wirus albo pokonują armię wrogich maszyn czy atakujących Ziemię kosmitów. Nasze rzeczywiste bliskie spotkania z apokalipsą miały podobny przebieg. Czasami bohaterowie, tacy jak Wasilij Archipow, podejmowali niemożliwe decyzje i zapobiegali globalnej katastrofie. Częściej po prostu mieliśmy szczęście. Za każdym razem jednak koniec świata udawało się odroczyć. Przynajmniej jak dotąd.

Kiedy zacząłem pisać niniejszą książkę, miałem nadzieję, że przyczyni się – przynajmniej minimalnie – do przekonania nas wszystkich, byśmy zrobili, co w naszej mocy, aby powstrzymać egzystencjalne katastrofy; innymi słowy, ocalić świat, żeby mogły na nim żyć nasze dzieci i dzieci przyszłości. Uważam, że to możliwe. Przez większość naszego istnienia przetrwanie ludzkości było rzeczywiście kwestią szczęścia. Ten uśmiech losu – albo antropiczny cień – to główny powód, dla którego nie wymarliśmy jak niemal każdy inny gatunek w dziejach tej planety. Ale tak już nie będzie. Dziś nasze przetrwanie lub śmierć zależy przede wszystkim od naszych własnych decyzji, od tego, czy mamy dość mądrości, by się ocalić – także przed sobą.

Jednak nawet jeśli będziemy tak mądrzy, jak tylko możemy być, prędzej czy później zrobimy coś nie tak. Jeśli pociągniemy nić czasu wystarczająco daleko w przyszłość, niechybnie trafimy na globalną katastrofę. Może będzie to wojna nuklearna, której tak się lękamy. Może wirus, zrodzony w przyrodzie lub w laboratorium, który zdewastuje ludzkość. Katastrofiści prędzej czy później zawsze mają rację. Zima musi nadejść.

Ale koniec to nie koniec – albo przynajmniej nie musi nim być. Niektóre zagrożenia egzystencjalne – na przykład nagłe pojawienie się wrogiej sztucznej superinteligencji albo asteroida jeszcze większa od tej, która wytępiła dinozaury – byłyby tak olbrzymie i uderzyłyby tak szybko, że nie pozostawiłyby ocalałych. Inne jednak będą egzystencjalne, tylko jeśli im na to pozwolimy. Przetrwanie to różnica między zwykłą katastrofą a wyginięciem – czyli jedyna różnica, jaka ma znaczenie. Zagrożenie egzystencjalne to gra ze stawką permanentną. Jeśli przeżyjemy i odbijemy się od dna, rozmiar katastrofy nie będzie miał znaczenia; opowieść o ludzkości potoczy się dalej. Sam kataklizm może stać się później tylko przypisem w dziejowych kronikach, tak jak supererupcja Toby sprzed dziesiątków tysięcy lat. Jeżeli jednak nie przeżyjemy, nasza historia się skończy – na zawsze.

Energię, którą obecnie jesteśmy w stanie poświęcić na radzenie sobie z zagrożeniami egzystencjalnymi, przeznacza się jednak głównie na zapobieganie katastrofom, a nie przygotowanie do tego, co nastąpi potem. Ma to sens na poziomie emocjonalnym – kto chce myśleć o powolnym dogorywaniu swojego świata? Takie myślenie nie pomoże nam jednak w czasie nazywanym przez amerykańskie wojsko *right of boom*, „na prawo od wybuchu” – sekundach, dniach i latach po katastrofie[1]. W obliczu najgorszego potrzebna nam nie tylko prewencja, ale też wytrwałość.

Każdy chciałby ocalić świat. Możliwe jednak, że najważniejsze, co możemy dziś zrobić, to przygotować się na nadejście dnia, kiedy to się nie

uda – i upewnić się, że wiemy, jak się potem pozbierać.

W ciągu siedmiu dni po wyborze Donalda Trumpa na prezydenta USA w 2016 roku 13 401 Amerykanów zgłosiło się do nowozelandzkiego urzędu imigracyjnego [2]. Nie kierowała nimi paląca potrzeba zobaczenia plenerów, w których kręcono *Władcę Pierścieni*. Nowa Zelandia – odległa od reszty świata, anglojęzyczna, bukoliczna; czy wspominałem, że leży z dala od wszystkiego innego? – stała się ogrodowym schronem atomowym dla arcybogaczy, krajem, do którego można dolecieć prywatnym samolotem i w którym nasi plutokraci mogą się zabunkrować w przypadku wielkiej katastrofy. Nowa Zelandia jest dla ochrony elit przed katastrofą tym samym, czym Kajmany od tylu lat są dla ich kont bankowych. Tytani nowych technologii, tacy jak Peter Thiel, kupili tam ziemię właśnie po to, by przetrwać apokalipsę. Thiel po dwunastu dniach w kraju wystąpił nawet o obywatelstwo [3].

Boom na rynku nowozelandzkich kryjówek to idealny znak czasów, w których bogacze roszczą sobie specjalne prawo do wszystkiego – nawet do kamizelek ratunkowych. Ale nie tylko najbogatsi mają plany przetrwania najgorszego. W 2017 roku dwie trzecie Amerykanów przyznało, że gromadzi zapasy na wypadek klęski żywiołowej [4]. Ponad trzy miliony obywateli USA uważają się za *doomsday preppers* [5], czyli ludzi czynnie przygotowujących się nie tylko na typowe katastrofy naturalne, ale też na globalne kataklizmy. Pozostają w kontakcie za pośrednictwem organizacji takich jak American Preppers Network, czytają swoje magazyny – na przykład „Recoil OffGrid". Istnieją podcasty dla prepperów, blogi dla prepperów, a nawet ogólnokrajowa konferencja. Można znaleźć porady dotyczące przygotowywania się z dziećmi albo listy prepperskich prezentów na Dzień

Ojca takich jak piecyk rakietowy Stovetec, doskonały do gotowania w przypadku kompletnego upadku sieci elektrycznej (albo na kempingu) [6].

Czterdzieści procent Amerykanów ankietowanych przez National Geographic Channel uważa, że przygotowanie schronu albo gromadzenie zapasów to lepsza inwestycja niż fundusz emerytalny [7]. Jeśli podzielają Państwo ten pogląd, nie zabraknie Państwu przedsiębiorstw gotowych służyć pomocą. Firma Vivos sprzedaje luksusowe bunkry za dwadzieścia–pięćdziesiąt tysięcy dolarów, w tym w dawnym wojskowym arsenale w Dakocie Południowej, reklamowanym jako „największa społeczność survivalowa na Ziemi” [8]. Jeśli wolą Państwo przeczekać apokalipsę w domu, Atlas Survival Shelters – zajmujące się budową schronów od czasu zimnej wojny – skonstruują przeciwapokaliptyczny schron specjalnie dla was. Wersja z cementową kopułą kosztuje zaledwie pół miliona [9], co może jednak ograniczyć fundusze dostępne na torbę Prepster Black Ultra Luxe Emergency Bag za 4995 dolarów. Byłaby straszna szkoda, bo są w niej przybory toaletowe od Malin+Goetz, pasta do zębów Marvis, a także czekolada Mast Brothers [10]. Bo czymże jest apokalipsa bez słodyczy od mistrzów cukierniczych?

U podłoża tych trendów leży autentyczny lęk – jak wykazałem w tej książce, nie całkiem bezpodstawny. Zamiast jednak podwinąć rękawy i wziąć się za kolektywne wyzwanie, jakim jest zagrożenie egzystencjalne, wolimy sięgać po indywidualne środki przetrwania. Wszyscy powinniśmy mieć zapasy na wypadek naturalnej lub spowodowanej przez człowieka katastrofy, odcinającej nas od wody lub jedzenia na kilka dni. Dodatkowe lekarstwa, torba ze sprzętem polowym, fotokopie ważnych dokumentów – to rzeczy, które każdy powinien mieć. Ale plan przetrwania skupiający się wyłącznie na jednostkach i poszczególnych rodzinach nie będzie wystarczył w przypadku katastrofy egzystencjalnej. Może pasuje to do amerykańskiego indywidualistycznego charakteru – albo przynajmniej jego wyideali-

zowanej wersji – ale zakrawa na skandal, że kraj wiodący na świecie w dziedzinie *doomsday prepping* nie chciał pomóc swoim najbardziej zagrożonym obywatelom po katastrofach takich jak huragan w Portoryko w 2017 roku ani zająć się długoterminowymi zagrożeniami, na przykład zmianami klimatu.

To, że Stany Zjednoczone nie mają skutecznych planów w skali krajowej na wypadek poważniejszych katastrof, może być po części winą wielkich planów obrony cywilnej z czasów zimnej wojny, które zawiodły pokładane w nich nadzieje. Od połowy lat pięćdziesiątych do końca sześćdziesiątych około siedmiu tysięcy ochotników spędziło przeszło dwadzieścia dwa tysiące roboczodni w schronach – w niektórych mieściła się tylko jedna rodzina, w innych ponad tysiąc osób. Na podstawie tych testów opracowano krajowe standardy dla podziemnych schronów, które miały pomóc Amerykanom przeżyć atomową zagładę (jedna z wytycznych przydzielała każdemu mieszkańcowi schronu niecały metr kwadratowy powierzchni, czyli niewiele ponad trzy razy tyle, ile więźniom w nazistowskim obozie koncentracyjnym Bergen-Belsen – z jakiejś przyczyny porównania tego dokonał sam rząd USA) [11]. Takie konstrukcje – albo zalecane przez administrację Eisenhowera awaryjne zapasy jedzenia nazywane przez urzędników spiżarką babuni – na niewiele by się jednak przydały przy wymianie jądrowej na pełną skalę. Z czasem zaczęli sobie zdawać z tego sprawę sami Amerykanie.

Gdy już nawet najbardziej wojowniczy decydenci sektora obronności zrozumieli, że po wojnie atomowej między USA a ZSRR ocalali zazdrościliby poległym, obrona cywilna stała się puentą dowcipów. Przeciwnicy broni jądrowej twierdzili, że zwracanie uwagi na absurdalność budowy schronów i innych takich zabiegów podkreśliłoby szaleństwo konfliktu nuklearnego – i mieli rację. Dziś jednak jako społeczeństwo zamiast szyko-

wać się na wymianę atomową albo inne zagrożenia egzystencjalne, w większości po prostu ignorujemy ryzyko, choć nieliczni maniacy survivalu i preppersi mają na jego punkcie obsesję, więc bez przerwy planują, jak ich rodziny przetrwają apokalipsę.

Błędem byłoby myślenie, że ogólnokrajowe plany przetrwania i obrony cywilnej nie mają sensu – tak samo jak bezpodstawne byłoby twierdzenie, że pojedynczy prepper może przetrwać globalną egzystencjalną katastrofę, niezależnie od tego, jak dobrze byłby na nią przygotowany… lub jak bogaty. „Człowieczeństwo nie polega na indywidualnym przetrwaniu lub ucieczce – tłumaczy teoretyk mediów i pisarz Douglas Rushkoff. – To gra zespołowa. Nie wiemy, jaką przyszłość będą mieli ludzie, ale na pewno będzie wspólna” [12]. Trzeba tak myśleć również o przetrwaniu.

Trzy egzystencjalne katastrofy opisane w tej książce – erupcję superwulkanu, zderzenie z asteroidą i wojnę jądrową – łączy wspólna metoda zabijania: nagłe ochłodzenie klimatu, głównie za sprawą długotrwałego spadku nasłonecznienia w skali planetarnej. Detonacje, uderzenie albo wybuch zgładzą wprawdzie od razu dziesiątki milionów, jednak wyginięcie przyjdzie za sprawą globalnej klęski głodu. Łańcuch pokarmowy, jaki znamy, zaczyna się od światła słonecznego. Wystarczy zaciemnić słońce, by nawet najlepiej przygotowany mistrz przetrwania, pan dziczy, umarł z głodu razem z całą resztą, gdy tylko skończą się światowe zapasy żywności – może nawet w ciągu roku [13].

– To byłby chaos, w miastach wszystko by się załamało – mówi mi David Denkenberger. – Właściwie stracilibyśmy cywilizację przemysłową.

Jeśli mamy zapobiec wywołanemu przez blokującą słońce katastrofę upadkowi albo nawet wymarciu ludzkości, musimy dać radę się wyżywić bez światła słonecznego – nawet przez całe lata. Na szczęście Denkenberger ma parę przydatnych pomysłów. Jest inżynierem budowlanym z Uni-

wersytetu Stanowego Tennessee, a także współautorem książki *Feeding Everyone No Matter What: Managing Food Security After Global Catastrophe*. Tak jak wielu badaczy z dziedziny zagrożeń egzystencjalnych Denkenberger próbował znaleźć jakieś zaniedbane pole do badań, by jego praca mogła mieć wpływ na przyszłość ludzkości. Zdecydował się na zaopatrzenie w żywność świata po katastrofie – po części dlatego, że na ten temat nie było jeszcze zbyt wielu tekstów – szybko jednak zdał sobie sprawę, iż nie jest możliwe zgromadzenie takich zapasów, by wyżywić całą planetę. Wykarmienie przeszło siedmiu miliardów ludzi do czasu, gdy wróci normalne nasłonecznienie, wymagałoby tak wielu beczek żywności, że gdyby ustawić je jedną na drugiej, sięgnęłyby Księżyca – czterdziestokrotnie. Kosztowałoby to też ponad dziesięć bilionów dolarów [14], czyli jedną dziesiątą PKB świata [15], i pozbawiłoby jedzenia te osiemset milionów ludzi, którzy już dziś nie mają dość pożywienia.

Denkenberger zrozumiał, że aby przeżyć, musimy wpaść na jakiś bardzo dobry pomysł – jeśli chodzi zarówno o jedzenie, które dałoby się uprawiać, jak i o takie, które chcielibyśmy jeść. Oświeciło go, gdy dowiedział się, że po zagładzie dinozaurów był jeden rodzaj istot doskonale radzących sobie wśród mrozu, mroku i pomoru – grzyby.

– Może gdy wymrą ludzie, grzyby znowu zapanują nad światem – mówi. – I wtedy pomyślałem: „A może po prostu jedzmy grzyby i nie wymierajmy?”.

Grzyby mają kluczowe znaczenie. Katastrofa schładzająca klimat zabije biliony drzew. Nie przydadzą się one ludziom, bo nie trawimy celulozy. Co innego grzyby – hodując je na martwych drzewach, możemy przetworzyć kaloryczną energię pni i gałęzi w coś jadalnego. Kłoda o długości mniej więcej metra i średnicy dziesięciu centymetrów powinna w ciągu czterech lat wykarmić kilogram grzybów. To niedużo, ale z bezwzględną wydajno-

ścią – a realistycznie mówiąc, także w obliczu przerzedzonej przez kataklizm populacji świata – może wystarczyć do przetrwania [16].

– Ludzie mogą hodować na drzewach grzyby, zbierać liście i ubijać je w coś jadalnego – mówi Denkenberger. – Ze zmielonego listowia można zrobić herbatkę uzupełniającą składniki odżywcze, na przykład witaminę C, albo karmić nimi przeżuwacze: krowy i tym podobne. Albo szczury.

Tak, szczury. Celulozę niestrawioną przez grzyby można dać do jedzenia szczurom, które z kolei zjemy my. Niektórzy jedzą te gryzonie już dziś, jednak obecnie cała ich światowa populacja wystarczyłaby na pokrycie tylko 0,1 procent naszych wymogów żywieniowych. Dobre – albo obrzydliwe – wieści są jednak takie, że szczury osiągają dojrzałość seksualną po zaledwie sześciu tygodniach i wydają na świat siedem–dziewięć młodych co siedemdziesiąt dni. Nie potrzebują ani szczególnie nie lubią światła słonecznego, więc zasłonięte słońce nie powinno zaszkodzić ich liczebności [17]. Denkenberger uważa, że jeżeli wszystko pójdzie zgodnie z planem, trzeba byłoby około dwóch lat, byśmy mogli się żywić w stu procentach szczurami [18]. „Ponadto – pisał ze współautorem Joshuą Pearce’em – dodatkową żywność moglibyśmy otrzymać z innych gryzoni”.

Są też owady. Jedzenie robaków może wielu z nas wydawać się obrzydliwe, jednak ponad dwa miliardy ludzi na świecie są entomofagami – to znaczy, że żywią się owadami [19]. W krajach takich jak Meksyk i Tajlandia targowiska są pełne hodowlanych chrząszczy albo gąsienic. Insekty to bardzo łatwe do podtrzymania źródło białka – wyhodowanie stu pięćdziesięciu gramów świerszczy wymaga o wiele mniej wody niż 3,3 tysiąca litrów potrzebnych na taką samą ilość wołowiny. Sto gramów gotowanych gąsienic ćmy *Usta terpsichore* – powszechnie jedzonej w Afryce Środkowej – zawiera około dwudziestu ośmiu gramów białka, czyli nieco więcej niż analogiczna ilość mięsa z kurczaka. Chrząszcze wodne zawierają cztery

razy tyle żelaza, ile wołowina [20]. Co więcej, istnieją ich ogromne ilości – według jednego z szacunków łączna masa owadów świata jest siedemdziesiąt razy większa od masy ludzi [21]. Natura świetnie radzi sobie z produkcją owadów.

Te same cechy, dzięki którym owady są tak liczne i odporne, pozwoliłyby wielu ich gatunkom przeżyć nawet największą, zmieniającą klimat katastrofę egzystencjalną. Chrząszcze mogą się karmić martwym drewnem, a my chrząszczami. Czy jednak bylibyśmy na to gotowi? Pewnego razu, gdy pisałem artykuł do „Time", wybrałem się na targ jadalnych owadów do Richmond w Wirginii. Miałem tam okazję spróbować orzo alla orthoptera – makaronu z mielonymi świerszczami zamiast klopsów, oraz smażonych w oleju larw mącznika (mniej więcej o rozmiarach prażonej kukurydzy). Dawało się to zjeść – ale żebym chociaż tknął tempurę z tarantuli (pająka o rozmiarach pięści w rzadkim cieście), która do dziś śni mi się po nocach, potrzebny byłby prawdziwy koniec świata [22].

Gdybym głodował, pewnie bym się przemógł. Jak piszą Denkenberger i Pearce: „Uważamy, że głód najprawdopodobniej pokonałby obecne arbitralne, selektywne gusta ludzkości w przypadku poważnego kryzysu" [23]. Jeśli nadal brzmi to okropnie, proszę zwrócić uwagę, że jeżeli nie przygotujemy się na wypadek katastrofy i zapasy żywności się skończą, nim uruchomimy hodowlę grzybów i szczurów, nasza dieta będzie jeszcze gorsza. Moglibyśmy zostać zmuszeni do sięgnięcia po najniższy poziom łańcucha pokarmowego – bakterie. Niektóre ich gatunki żywią się gazem ziemnym, a my moglibyśmy je pasteryzować i zjadać. Ma to tę zaletę, że bakterie potrafią podwajać swoją liczebność co dwadzieścia minut – a więc jeszcze szybciej od szczurów – dzięki czemu mikroby mogłyby zastąpić sto procent ludzkiej diety w zaledwie dwa miesiące [24]. Jeśli chodzi o smak – no cóż, są równie apetyczne, jak się Państwo spodziewają, przynajmniej według Den-

kenbergera, który zauważa jednak, że już dziś łykamy suplementy diety takie jak spirulina.

– Ludzie nazywają ją algami spirulina, ale w rzeczywistości to gatunek bakterii – mówi.

Denkenberger ma też inne pomysły, a także przekonania na temat tego, co nie pomoże – na przykład tworzenie wielkich zadaszonych, sztucznie oświetlanych gospodarstw (przy przejściu od spalonej kopaliny, przez elektryczność i sztuczne oświetlenie, do plonów traci się tak wiele energii, że bylibyśmy w stanie zaspokoić w ten sposób zaledwie pięć procent globalnego zapotrzebowania). Oprócz nich ma również racjonalnie optymistyczną wizję tego, jak należy zareagować na najpoważniejszą próbę w dziejach naszego gatunku. Przeżyjemy – przetrwamy – tylko jeśli będziemy współpracować.

– Jeśli chcemy ocalić wszystkich, to na pewno będzie potrzebna współpraca na wielką skalę – stwierdza.

Myśl, że gdy wszystko się rozpadnie, my się zjednoczymy, jest sprzeczna z tym, co od zawsze słyszymy o świecie po upadku i z planami przetrwania preppersów. Większość ludzi zapytanych o wizję świata po straszliwej katastrofie, która zabije miliardy oraz na lata przesłoni słońce, opisze coś podobnego do powieści Cormaca McCarthy’ego *Droga*: cywilizacja kompletnie upada, a ocalali wegetują w świecie, w którym najlepszą opcją wydaje się samobójstwo i praktykuje się kanibalizm (przy okazji: w 2017 roku grupa studentów z Uniwersytetu Leicester postanowiła obliczyć, jak długo mogłaby przetrwać ludzkość, gdyby do jedzenia byli tylko inni ludzie – po 1149 dniach pozostałaby jedna osoba, choć badacze zwrócili też uwagę, że groziłaby jej choroba prionowa, na którą „można zapaść od jedzenia ludzkich mózgów” [25]).

Choć tak boimy się tego, co nadeszłoby później, choć opowiadamy sobie tak ponure historie, upadek i konflikt nie są gwarantowanymi następstwami katastrofy. Socjolodzy badający społeczeństwa po kataklizmach donoszą, że więzi wewnątrz wspólnoty często się zacieśniają, tak jak tkanka bliznowata wypełnia ranę, nawet jeśli grupa przetrwała coś, co wydawałoby się niemożliwe do przetrwania. Ludzie pomagają sobie nawzajem, także wtedy, gdy wydaje się, że nie leży to w ich interesie. Prawdopodobnie w ten sposób przetrwaliśmy wybuch Toby, który dotąd najbardziej groził nam wyginięciem – i tak też przeżyjemy coś, co Tobę mogłoby przewyższyć.

Ale to będzie wymagało więcej niż tylko triumfu ludzkiego ducha. Katastrofa egzystencjalna będzie inna niż wszystko, co kiedykolwiek widzieliśmy – będzie kryzysem bez wyraźnego końca i bez możliwości ucieczki do bezpiecznego schronienia. Musimy się przygotować – jedną z najważniejszych rzeczy, których możemy się podjąć dziś, jest badanie i planowanie alternatywnych źródeł żywności, jak robi to Denkenberger. Przede wszystkim będziemy jednak potrzebowali przywódców, bo bez nich straszliwa katastrofa może się stać śmiertelna.

Współczesna polityka sugeruje, że to byłoby największe zagrożenie egzystencjalne ze wszystkich. Jako kraj zostaliśmy sparaliżowani przez spory, które po globalnej katastrofie z pewnością zdawałyby się nieistotne. Waszyngton nie potrafi nawet uchwalić budżetu na cały rok, nie wspominając już o zaplanowaniu strategii ocalenia cywilizacji i wprowadzeniu jej w życie. Na świecie wcale nie jest lepiej. Przetrwanie ludzkości jest jednak ważniejsze niż cokolwiek innego, nie tylko dla nas, ale także dla naszego jutra. Będziemy więc musieli zastosować jeszcze bardziej drastyczne środki zapobiegawcze, by mieć pewność, że przyszłość rodzaju ludzkiego nie zginie z jego teraźniejszością.

Schrony, które można kupić w internecie, nie ocalą Państwa przed egzystencjalnym kataklizmem. Ale ludzkości jako gatunkowi przydałoby się gwarantowane schronienie. Nie schron ani bunkier, tylko prawdziwa ostoja, zdolna przetrwać każdą katastrofę. Oczywiście ci, którzy by się w niej ukryli, mogliby dzięki temu przeżyć, jednak nie istniałaby w ścisłym sensie dla nich. Byłaby inwestycją w przyszłość gatunku, gwarancją, że ktoś przeżyje, by przywrócić jakąś formę cywilizacji. By przyszłość mogła trwać.

Takie schronienie miałoby się do komercyjnego schronu jak lotniskowiec do holownika. Robin Hanson – ekonomista, którego poznaliśmy w poprzednim rozdziale – zaproponował konstrukcję jednego lub kilku podziemnych bunkrów, być może gdzieś w głębi kopalnianego szybu, kompletnie niezależnych od powierzchni, zaopatrzonych w jedzenie i zapasy na wiele lat. Musiałyby być zlokalizowane na odludziu oraz zapewne trzymane w tajemnicy, by ochronić je przed ocalałymi pozostałymi na zewnątrz, desperacko szukającymi bezpieczeństwa. Może się to wydawać okrutne, jednak takie schronienia weszłyby do gry tylko w sytuacji, w której resztę świata będzie trzeba poświęcić. Celem ich istnienia byłoby zachowanie odpowiednio dużej i zróżnicowanej grupy ludzi, by na nowo zaludnić Ziemię, gdy najgorsze już przeminie.

Jeżeli wszystko to – kopalniane szyby, schronienia, zaludnianie Ziemi – wywołuje u Państwa nieprzyjemne wspomnienia zimnej wojny, to nie przypadkiem. Zarówno Związek Radziecki, jak i Stany Zjednoczone wznosiły skomplikowane i doskonale chronione bunkry dla władz cywilnych oraz wojskowych na wypadek ataku atomowego. Jeden z nich – Mount Weather w Wirginii – działa do dziś, to właśnie tam przenieśliby się szefowie rządu i sił zbrojnych USA w przypadku globalnej katastrofy. Jest też kompleks Cheyenne Mountain w Kolorado, w którym setki żołnierzy chronionych przez siedemset pięćdziesiąt metrów granitu obsługują krajowy system

wykrywania ataków rakietowych [26]. Nic w Stanach Zjednoczonych nie byłoby lepszym schronieniem na wypadek końca świata, jednak oba te obiekty mają podtrzymać ciągłość cywilizacji, a nie przetrwać zagładę.

Hanson myśli o czymś innym – lepiej wyobrazić sobie jego pomysł jako bank ludzi. Najbliższym porównaniem byłby sejf chroniący zasoby rolne świata. Rząd Norwegii zbudował za dziewięć milionów dolarów Globalny Bank Nasion na położonej daleko za kołem polarnym wyspie Svalbard. Znajdują się w nim „kopie zapasowe" przesłane przez tysiąc siedemset banków nasion z całego świata, z których każdy zawiera zbiór ziaren miejscowych roślin – rolniczą spuściznę swojego kraju. Nasiona to podstawa ludzkiej cywilizacji, dziś na Svalbardzie jest ich ponad dziewięćset trzydzieści tysięcy odmian [27]. Jeśli jakiś podgatunek wyginie w wyniku wojny, suszy albo choroby, banki mogą zapobiec jego wiecznej utracie.

W przypadku prawdziwego końca świata może oczywiście nie pozostać nikt, kto mógłby podjąć depozyt ze Svalbardu (zresztą sam bank też nie jest niezniszczalny – w 2017 roku uległ zalaniu w związku z niezwykle wysoką temperaturą w rejonie, choć nie utracono przy tym żadnych nasion [28]). Gdybyśmy jednak mogli stworzyć podobne schronienie dla wybranego przekroju ludzkiej cywilizacji, nasz świat można by ponownie uruchomić po jego końcu – tak jak Globalny Bank Nasion pozwoliłby nam odnowić globalne rolnictwo.

Nie byłoby łatwo. Jeśli schrony stałyby na co dzień puste, to trzeba byłoby doprowadzić do nich ludzi w trakcie katastrofy albo nawet po niej. Dałoby się to zrobić w przypadku pandemii albo czegoś, co da się przewidzieć z wyprzedzeniem, na przykład uderzenia asteroidy – ale w razie niemal natychmiastowej zagłady, powiedzmy, że spowodowanej wojną atomową, taki plan mógłby okazać się niewykonalny. Skuteczna polisa ubezpieczeniowa na wypadek zagrożeń egzystencjalnych wymagałaby ciągłego

zamieszkania schronień – a zatem mieszkaliby w nich ludzie, którzy zgodziliby się regularnie zmieniać na stanowisku kopii zapasowej ludzkości.

Żeby uniknąć incestu, populacja bunkra musiałaby wynieść co najmniej pięćdziesiąt osób, a pewnie bliżej osiemdziesięciu (uważa się, że zasiedlenie Polinezji zaczęło się od mniej niż siedemdziesięciorga ludzi – dziś mieszka tam około siedmiuset tysięcy)[29]. Lepszą liczbą byłoby pięćset – w ten sposób mielibyśmy pewność odpowiedniego zróżnicowania zdolności i genetyki. Zależy to też od tego, jak długo mieszkańcy schronienia mieliby pozostać pod ziemią. Analizy hipotetycznych wielopokoleniowych misji kosmicznych wskazują, że do podtrzymania odizolowanej populacji przez dwieście lat trzeba stu sześćdziesięciu osób[30]. Anders Sandberg z Instytutu Przyszłości Ludzkości powiedział, że aby mieć gwarancję przetrwania gatunku przez kolejny tysiąc lat, trzeba raczej pięciu tysięcy ludzi[31]. W każdym razie w bunkrze byłoby ciasno. Nawet dla osób niecierpiących na klaustrofobię.

Pozostaje też pytanie, kto powinien się w nim schronić. W przypadku rzeczywistej katastrofy pewnie nie brakowałoby ochotników, jednak żeby przekonać zmieniające się grupy ludzi do spędzania pod ziemią miesięcy albo nawet lat, by mogły odbudować ludzkość w przypadku niezwykle mało prawdopodobnej egzystencjalnej katastrofy, pewnie potrzebny byłby przymusowy pobór. Mogłoby się wydawać, że chcielibyśmy umieścić w schronie najlepszych i najbystrzejszych – naukowców, artystów, żołnierzy. Ale najprawdopodobniej wyszliby oni na świat, który nie byłby już nowoczesny, byłby pozbawiony elektryczności, infrastruktury i wszystkiego, co pozwala nam żyć tak, jak żyjemy. Najlepszym wyborem byliby nieprzemysłowi rolnicy oraz prawdziwi łowcy-zbieracze, czyli ludzie obeznani ze stylem życia koniecznym po zmieceniu współczesności.

Jeśli rząd Stanów Zjednoczonych nie jest znacznie lepszy w dochowywaniu tajemnic, niż się wydaje, to nie istnieją obecnie takie schrony na wypadek końca świata i nikt nie planuje ich budowy. Możemy jednak znaleźć się w sytuacji, w której – jak po wybuchu Toby – wielką katastrofę przetrwa niewielka grupa ludzi. Nawet najgorsze, co mogłaby nam zrobić planeta, nie gwarantuje kompletnego wyginięcia do ostatniego mężczyzny, kobiety i dziecka na Ziemi – nazywamy to problemem ostatnich ludzi. Te same cechy, dzięki którym *Homo sapiens* przystosował się do warunków panujących niemal w każdym punkcie planety i osiągnął liczebność przeszło siedmiu miliardów osobników, czynią nas też bardzo trudnymi do kompletnego wybicia.

Mając dość czasu, moglibyśmy nawet wrócić do stanu dzisiejszego. Północnoamerykańska społeczność huterytów – wyznawców odłamu anabaptyzmu nakazującego izolację od reszty społeczeństwa – wyróżnia się najwyższą stopą przyrostu naturalnego w dziejach: w ciągu zaledwie siedemdziesięciu lat powiększyła się osiemnastokrotnie [32]. Gdyby zacząć od jednej ocalałej pary i założyć, że każda kobieta będzie miała tylko ośmioro dzieci, teoretycznie dalibyśmy radę wrócić do siedmiu miliardów w mniej niż sześćset lat i zacząć wszystko od nowa [34].

Odbudowa musiałaby jednak przebiegać inaczej, bo opracowanie technologii pozwalających przejść od łowiectwa i zbieractwa do rolnictwa zajęło nam dziesiątki tysięcy lat, a stamtąd do rewolucji przemysłowej było jeszcze parę tysiącleci. Nie ma zresztą gwarancji, że uprzemysłowienie dałoby się powtórzyć – w końcu narodziny przemysłu odbyły się tylko raz, w Wielkiej Brytanii w XIX wieku, a jeśli ponownie puścimy taśmę dziejów, wcale nie musi do tego dojść [35]. Ocalali zapewne mieliby jakąś wiedzę pozostałą sprzed upadku, którą przekazaliby swoim potomkom, jednak za pierwszym razem uruchomiliśmy przemysł dzięki łatwym do wydobycia

spod ziemi kopalinom. Te złoża węgla i ropy dawno już nie istnieją, a nie zostaną zbyt szybko uzupełnione. Ocieplenie stworzone przez ich spalenie będzie trwać, tak więc przez wiele dziesięcioleci nowe społeczności musiałyby też walczyć ze stopniowymi zmianami klimatu – przynajmniej dopóki stężenie węgla w atmosferze nie zacznie spadać.

Brytyjski akademik Lewis Dartnell opisuje w swojej książce *The Knowledge. How to Rebuild Civilization in the Aftermath of a Cataclysm*, jak moglibyśmy przekazać najlepsze elementy ludzkich doświadczeń i wiedzy grupce ocalałych z apokalipsy. Proponuje stworzenie instrukcji rozruchu cywilizacji – nie biblioteki naszych najwspanialszych osiągnięć kultury i nauki, tylko poradnika zawierającego praktyczną wiedzę potrzebną do pozbierania resztek zniszczonego społeczeństwa. To dziedziny takie jak inżynieria, rolnictwo, podstawy medycyny, nie humanistyka. Dartnell uważa jednak, że tekst pewnie nie powinien mieć formy książki.

– Chyba lepszy byłby apokalipsoodporny, niemożliwy do zhakowania kindle – stwierdza. – Papier ma tę wadę, że jest łatwopalny.

Jeśli jednak naprawdę chcemy się obronić przed końcem świata, to może warto rozważyć opuszczenie go.

Założyciel Amazona Jeff Bezos ma dużo pieniędzy – jest najbogatszym człowiekiem świata, jego majątek na początku 2018 roku szacowano na sto trzydzieści miliardów dolarów– i mógłby za nie kupić cokolwiek na świecie. Ale woli je wydać gdzie indziej. W 2000 roku powołał Blue Origin, prywatną firmę astronautyczną; twierdzi, że co roku musi upłynnić około miliarda dolarów w akcjach Amazona, żeby sfinansować jej prace [36]. Ponieważ Bezos to Bezos, pewnie ma jakiś interes w wydawaniu miliardów na rakiety – a jeśli jeszcze nie, to niedługo go wymyśli. Jednak najbogatszy

z ludzi ma też bardziej podniosłe cele. „Żeby uratować Ziemię, musimy polecieć w kosmos – powiedział w 2017 roku. – Nie mamy wiele czasu” [37].

Bezos zawsze miał bzika na punkcie lotów w kosmos. Jako student Uniwersytetu Princeton, gdzie był przewodniczącym miejscowego oddziału ruchu Studentów na rzecz Badania i Rozwoju Przestrzeni Kosmicznej (Students for Exploration and Development of Space), czerpał inspirację z prac teoretyka kolonizacji pozaziemskiej Geralda O’Neilla, który tam właśnie kończył swoją karierę naukową. Przemowę z okazji ukończenia studiów Bezos podsumował słowami: „Kosmos, ostateczna granica. Zobaczymy się tam”.

Ale nie jest jedynym informatycznym miliarderem, który na boku zajmuje się podróżami poza Ziemię. Kiedy Elon Musk nie buduje bezzałogowych samochodów albo nie przestrzega świata przed niebezpieczeństwami sztucznej inteligencji, szefuje też produkującej rakiety firmie SpaceX, która lata już dla NASA. I podobnie jak Bezos uważa, że naszym przeznaczeniem jest zasiedlenie kosmosu – ale przedstawia to z typowym dla siebie dramatyzmem.

„Gdybyśmy byli gatunkiem wieloplanetarnym, prawdopodobieństwo, że jakieś pojedyncze zdarzenie, spowodowane przez człowieka albo naturalne, zniszczy cywilizację tak, jak wyginęły dinozaury, byłoby znacznie mniejsze – powiedział »Rolling Stone« w 2017 roku. – Przyszłość jest znacznie bardziej inspirująca, gdy wyobrazimy sobie, że będziemy mieszkać pośród gwiazd i będziemy mogli się przeprowadzić na inną planetę, jeśli zechcemy” [38].

Musk chyba chce. Mówi, że SpaceX pracuje nad międzyplanetarną rakietą zdolną dolecieć do oddalonego o pięćdziesiąt pięć milionów kilometrów Marsa, oraz zamierza zacząć loty z ładunkiem na czerwoną planetę do 2022 roku. To część jego strategii umieszczenia na niej miliona ludzi

w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat. „Mówiłem już, że chciałbym umrzeć na Marsie – powiedział publiczności zgromadzonej na konferencji South by Southwest w 2013 roku. – Byle nie przy lądowaniu” [39].

Kolonizacja kosmosu jest najnowszym krzykiem mody wśród technofilów, ale od dawna uważa się ją za ostateczne rozwiązanie problemu zagrożeń egzystencjalnych – a także ostateczne przeznaczenie ludzkości. Stephen Hawking, którego robotyczny głos nadano w kosmos podczas pogrzebu jego doczesnych szczątków pochowanych między Karolem Darwinem a Isaakiem Newtonem w opactwie westminsterskim, powiedział kiedyś, że ludzkość ma tysiąc lat, by bezpiecznie opuścić Ziemię. W 2017 roku, tuż przed śmiercią, skrócił ten termin do stu lat. „Jestem przekonany, że powinniśmy zacząć szukać innych planet możliwych do zamieszkania – powiedział w londyńskim Towarzystwie Królewskim. – Kończy nam się miejsce na Ziemi. Musimy przełamać technologiczne ograniczenia powstrzymujące nas przed życiem w innych częściach wszechświata” [40].

To prawda, że wyjście poza planetę ochroniłoby nas przed wieloma zagrożeniami egzystencjalnymi. Asteroidy, superwulkany czy nawet wojna atomowa mogłyby kompletnie zniszczyć Ziemię, ale nie skrzywdziłyby kosmicznych kolonistów. Odległości między planetami powodują, że nawet najlepiej zaprojektowana zaraza raczej nie pozostałaby zakaźna wystarczająco długo, by wybić osadników z innych planet. Zmiany klimatu są oczywiście problemem stworzonym dla Ziemi przez Ziemię. „Do naszego wyginięcia z definicji może doprowadzić tylko coś, czego jeszcze nigdy nie doświadczyliśmy – pisał w 2007 roku astrofizyk z Princeton J. Richard Gott. – Możliwe, że po prostu nie jesteśmy dość mądrzy, by wiedzieć, na co na Ziemi najlepiej przeznaczyć nasze pieniądze, by zagwarantować sobie najlepszą szansę przetrwania. Wydanie ich na kolonie w kosmosie po prostu daje nam dodatkowe szanse”.

Możliwości kolonizacji kosmosu poświęca się dziś znowu tak wiele uwagi głównie dlatego, że dwóch bardzo bogatych ludzi jest gotowych wydać na to dużo pieniędzy – mimo iż NASA nie przeprowadziła ani jednego załogowego lotu od czasu wycofania promu kosmicznego ze służby w 2011 roku. Jednak Bezos – który przewiduje, że któregoś dnia w Układzie Słonecznym będzie mieszkać bilion osób – ma trochę racji. „Jeśli wziąć obecne zużycie energii na świecie i powiększać je o zaledwie kilka procent przez tylko kilkaset lat, okaże się, że będziemy musieli pokryć całą Ziemię panelami słonecznymi – powiedział podczas wystąpienia w Yale Clubie na początku 2019 roku. – Każdy człowiek na planecie będzie chciał być obywatelem pierwszego świata i zużywać tyle energii, ile obywatel pierwszego świata. A ci, którzy dziś są obywatelami pierwszego świata i zużywają ilości energii typowe dla obywateli pierwszego świata? My będziemy chcieli zużywać jej jeszcze więcej” [41].

Będziemy potrzebować więcej surowców, więcej energii, więcej miejsca. Tak jak wcześniej rozwijaliśmy się za sprawą zajmowania coraz większej części planety, tak kiedyś będziemy musieli do tego ją opuścić. Może za sto lat, może o wiele później, ale przyszłość ludzkości jako gatunku rozwijającego się technologicznie oznacza ekspansję, potencjalnie nieskończoną. Nie mieć tej przyszłości – czy to przez wyginięcie, czy przez katastrofalny upadek – to byłaby, jak powiedział Nick Bostrom, „astronomiczna strata” [42]. Utracilibyśmy swoją kosmiczną spuściznę, tę energię i przestrzeń, które mogłyby być nasze.

To najwyższy wyraz nadziei egzystencjalnej: cywilizacja istniejąca miliony albo nawet miliardy lat, obrastająca w potęgę i bogactwo energetyczne wystarczające dla bilionów ludzi żyjących w niewyobrażalnym dostatku materialnym oraz intelektualnym. Stanie się to jednak, tylko jeśli wydostaniemy się z tej skały, by zaczerpnąć z niewyczerpanych kosmicz-

nych źródeł energii – i jeżeli nie roszczą sobie do nich przed nami praw żadne inne cywilizacje, czy to biologiczne, czy sztuczne.

Według przynajmniej jednej teorii wszechświat powinien istnieć plus minus osiemdziesiąt miliardów lat [43], zdawałoby się więc, że mamy dużo czasu, by sięgnąć po nasze gwiezdne patrymonium. Ale straconego czasu nie da się odzyskać. Bostrom szacuje, że każde sto lat odwlekania w czasie kolonizacji kosmosu może oznaczać utratę dziesięciorga^{43} ludzi, którzy pojawią się na świecie, tylko jeśli zdobędziemy galaktykę [44]. To nasz kosmiczny koszt alternatywny.

Istnieje jednak różnica między tak okropnym zepsuciem teraźniejszości, że dopuścimy do wyginięcia gatunku na naszej zmianie, co przedwcześnie przerwałoby historię człowieka, a opóźnieniem wyruszenia w kosmiczną podróż, której nie wszyscy z nas chcą. Kolonizacja kosmosu może być naszym przeznaczeniem, jednak nie da nam bezpieczeństwa – przynajmniej w przewidywalnej przyszłości. Energię i pieniądze wydawane na pozostające w powijakach próby pozaziemskiej wyprowadzki można by lepiej spożytkować na walkę z zagrożeniami egzystencjalnymi tej przyszłości – oraz szykując się na przetrwanie najgorszego. Jak pisze ekspert od zagrożeń egzystencjalnych Seth Baum, jest to „czynienie dobra na skalę dosłownie astronomiczną” [45].

Póki co kosmos jest w najlepszym razie zawracaniem głowy. Nawet Mars, najbardziej po Ziemi przyjazna życiu planeta w Układzie Słonecznym, jest mniej gościnny niż jakiekolwiek miejsce na świecie, może z wyjątkiem dna oceanu. Sam tylko przelot tam i z powrotem wystawiłby astronautów na nawet dwie trzecie maksymalnej dawki promieniowania dla osób pracujących w kosmosie, narażając ich na nowotwory w stopniu, którego jeszcze nie znamy [46]. Mars od miliardów lat stopniowo traci atmosferę. Jest tam bardzo zimno, a powietrzem nie da się oddychać. Istnieje

powód, dla którego – o ile nam wiadomo – na czerwonej planecie nie ma życia. To bardzo kiepska okolica.

Wielkim problemem z Marsem – albo w ogóle z jakimkolwiek miejscem poza Ziemią – jako schronieniem na wypadek zagrożeń egzystencjalnych jest to, że ciężko sobie wyobrazić, jak musielibyśmy zdewastować naszą planetę, za sprawą katastrof naturalnych, wojny czy zmian klimatu, by jakimś cudem trudniej było na niej żyć niż tam. Nawet jeśli globalne ocieplenie kompletnie wymknie nam się spod kontroli, na Ziemi i tak będzie lepiej niż na Marsie. Nawet po wieloletniej wulkanicznej zimie dałoby się tu wyhodować więcej jedzenia niż tam. Zwolennicy kolonizacji twierdzą, że któregoś dnia bylibyśmy w stanie przekształcić środowisko czerwonej planety, tak by stało się bardziej przyjazne ludziom – na przykład zagęszczając atmosferę, żeby zatrzymywała ciepło – jednak naukowcy z NASA potwierdzają, że jest to w gruncie rzeczy niemożliwe, przynajmniej przy użyciu dzisiejszej techniki [47]. Zresztą jeśli mamy zamiar zmienić klimat jakiegoś świata, by było nam łatwiej tam żyć, może zacznijmy od Ziemi? Nawet Bezos jest sceptyczny wobec – jak sam to określił – „argumentu o planie B" za kolonizacją kosmosu. „Zróbcie coś dla mnie: pomieszkajcie rok na szczycie Mount Everestu i powiedzcie, jak wam się podobało – bo w porównaniu z Marsem to rajski ogród" – powiedział miliarder w Yale Clubie [48].

W marcu 2018 roku odwiedziłem swojego przyjaciela Eda Finna w Tempe w Arizonie, gdzie organizował konferencję o ludzkim osadnictwie w kosmosie. W jej ramach powstała makieta księżycowego miasta, jakie mogłoby istnieć za sto pięćdziesiąt lat. Ed jest założycielem i dyrektorem Centrum na rzecz Nauki i Wyobraźni przy Uniwersytecie Stanowym Arizony. Zajmuje się badaniem granic między nauką a sztuką i tego, jak można je wykorzystać do przewidywania oraz kształtowania naszej przyszłości.

Optymistycznie patrzy na to, co ma nadejść – jednak gdy zapytałem go o plany Muska i Bezosa, nawet on sceptycznie podchodził do hipotezy, że kosmos mógłby być naszą kapsułą ratunkową.

– Gdy pomyślimy o kryzysie klimatycznym oraz innych zagrożeniach z nadchodzących stu lat, te kosmiczne sprawy to luksus – powiedział. – Nigdy nie rozwiążemy za ich pomocą swoich ziemskich problemów, nigdy nie znajdziemy tam wentyla bezpieczeństwa. Może za kilkaset lat będziemy gotowi, ale na razie kosmos to eksperyment, a nie plan przetrwania katastrofy.

Którego nadal potrzebujemy.

10

Koniec

O co walczymy

Od pierwszych dni tego, co nazywamy dziś ludzką cywilizacją, przeminęło około pięciuset pokoleń [1]. Pięćset razy pokolenie matek i ojców wydawało na świat dzieci, które w swoim czasie zastępowały ich i rodziły potomstwo, czekające na swoją kolej na kole historii. W tym czasie – z punktu widzenia kosmosu krótszym niż mgnienie oka – pojawiły się, upadły i zniknęły z powierzchni ziemi całe narody. Czym dla jednostek jest śmiertelność, tym dla społeczeństw jest upadek – naturalną koleją rzeczy. Podobnie jednak jak nasze dzieci i dzieci naszych dzieci będą ciągnąć dalej naszą opowieść, a zniszczone cywilizacje przeszłości pozostawiły nam coś do odkrycia, wpisując się w obecną epokę, tak i my chcemy się wpisać w przyszłość.

Co jednak, jeśli zabraknie ludzi zdolnych odczytywać przeszłość albo pisać przyszłość?

Problem ten próbuje rozwiązać Bill Kitchen. Jest inżynierem elektrykiem, dorobił się fortuny na projektowaniu i budowie atrakcji w stylu parków rozrywki – może słyszeli Państwo o jego iFly, instalacji pozwalającej latać na strumieniu powietrza w budynku. Gdy jednak dorastał na Florydzie, jego pasją były kosmologia i astrologia. Ma dożywotnie członkostwo w SETI League, organizacji *non profit* zajmującej się prywatyzacją poszukiwań inteligentnych form życia w kosmosie. Jak wiele osób, które można spotkać na kartach tej książki, bardzo martwi się losem swojego gatunku.

– My, jako ludzie, niszczymy planetę – powiedział mi ze swoim łagodnym akcentem z południa Stanów. – Może dopadnie nas asteroida albo wojna atomowa, albo szalony genetyk, albo sztuczna inteligencja, która dojdzie do wniosku, że Ziemi lepiej będzie bez nas. Tak czy owak, ludzkość jest zagrożona.

Kitchen chce zbudować cyfrową kapsułę czasu, kompendium naturalnej i antropologicznej historii Ziemi, pełen zestaw największych osiągnięć gatunku ludzkiego, a także nowy Kamień z Rosetty, który pozwoliłby zrozumieć nasz język oraz sposób odszyfrowania zawartości kapsuły. Znalazłyby się w niej sekwencjonowane kody genetyczne tylu gatunków roślin i zwierząt, ile tylko się zmieści – jak na arce Noego na potop ostateczny – a także genomy konkretnych prawdziwych ludzi. Wszystkie te informacje zostaną wystrzelone w kosmos za pomocą potężnego lasera, zwanego przez Kitchena Nadajnikiem Międzygwiezdnym [2]. Kitchen chciałby, żeby nadajnik – wciąż znajdujący się na najwcześniejszym z wczesnych stadiów projektowania – był regularnie uaktualniany i nadawał nieprzerwanie aż do chwili naszej zagłady.

– To będzie nasze dziedzictwo – mówi.

Nie jest to jedyny plan podobnego planetarnego archiwum. Sojusz na rzecz Ocalenia Cywilizacji postuluje stworzenie podobnej bazy danych o ludzkości, zawierającej też próbki DNA ziemskich form życia, przechowywanej na Księżycu pod opieką robotów archiwistów. Misja Księżycowa Jeden to projekt wysłania sondy do Krateru Shackletona, gdzie wywierci ona dziurę, w której ukryje się wraz z publicznymi i prywatnymi danymi o ludzkości – także z genetycznymi danymi fundatorów projektu (start zaplanowano na 2024 rok, jednak z pieniędzmi na razie raczej krucho). Wspomnienie Ludzkości to przedsięwzięcie archiwalne zapisujące ludzką wiedzę na ceramicznych płytkach inspirowanych sumeryjskimi glinianymi

tabliczkami zawierającymi najstarsze zapiski w dziejach. Płytki zostaną zakopane w opuszczonej kopalni soli w Australii, gdzie któregoś dnia ktoś lub coś je odnajdzie. Fundacja Misji Łuk zapisuje ludzką wiedzę na pięciowymiarowych dyskach optycznych, które zamierza rozsiać po Układzie Słonecznym. Pierwszy z nich jest w tym momencie gdzieś w kosmosie – poleciał tam podczas testowego lotu rakiety Falcon Heavy firmy SpaceX Elona Muska w lutym 2018 roku, wewnątrz czerwonej Tesli Roadster. Co bardzo stosowne, zawierał cyfrowe kopie trylogii *Fundacja* pisarza *science fiction* Isaaca Asimova, opowiadającej o naukowcu, który przewidział upadek cywilizacji i stworzył kompendium całej jej wiedzy, by ludzie przyszłości mieli szansę na odbudowę.

Projekty te mają różne cele i stosują różne metody. Jedne z nich, tak jak Wspomnienie Ludzkości, dążą do stworzenia analogowych kapsuł czasu w epoce, w której dane coraz częściej mają formę cyfrową, a zatem zagrożoną w sytuacji upadku technologicznego. Inne, tak jak Nadajnik Międzygwiezdny Kitchena albo Misja Księżycowa Jeden, wierzą w mało prawdopodobną możliwość, że w przyszłości ktoś – człowiek lub nie – będzie w stanie wskrzesić poszczególnych ludzi. Łączy je świadomość, że nasz czas może się kończyć, oraz nadzieja, że mimo to będzie możliwe pozostawienie po sobie czegoś na przyszłość.

Wszystkie te nadajniki i kapsuły różnią się od piramid oraz innych pozostałości dawnych kultur. Niczym dwoje nóg olbrzymich bez tułowia z wiersza *Ozymandias* Percy’ego Shelleya, te pradawne sanktuaria wychwalały wielkość królów i królowych swojej epoki, budowano je w przekonaniu, że ich lud i kultura będą istnieć wiecznie. My jednak, odkrywcy kolosalnych ruin odległej przeszłości, podejrzewający, że nasza wspólna przyszłość wcale nie jest szczególnie pewna, nie powinniśmy popełniać tego błędu.

W badaniach zagrożeń egzystencjalnych rozważamy najbardziej ponure tematy, jednak jest w nich również nić nadziei – nadziei, że technologie zdolne nas zgubić mogą też pozwolić nam oszukać nawet nie śmierć, ale wymieranie, że możemy być tym pokoleniem, które przełamie cykl upadku. Nie potrzebowalibyśmy pomników, bo nasza sięgająca coraz dalej obecność we wszystkich zakątkach kosmosu byłaby wystarczającym symbolem – póki nie wygaśnie kosmos jako taki. Być może. Mnie wystarczyłoby coś znacznie skromniejszego – zapis tego, kim byliśmy. Trwały ślad pozostawiony w kosmosie.

Na początku tej książki opowiadałem o odsłonięciu zegara zagłady na 2018 rok. Eksperci odpowiedzialni za ten „czasomierz" – podający godzinę ludzkości od 1947 roku – ustawili wskazówki na 23.58. Nie był on tak blisko północy od 1953 roku, kiedy to w odstępie dziewięciu miesięcy Stany Zjednoczone i Związek Radziecki przetestowały swoje pierwsze głowice termojądrowe. Eugene Rabinowitch, urodzony w Rosji amerykański biofizyk, uczestnik projektu Manhattan, współzałożyciel „The Bulletin of the Atomic Scientists", napisał przy tamtej okazji, że „jeszcze tylko kilka ruchów wahadła, a od Moskwy po Chicago atomowe eksplozje wybiją północ dla cywilizacji Zachodu" [3].

„Bulletin" aktualizuje zegar co rok. 24 stycznia 2019 roku jego Rada Nauki i Bezpieczeństwa zebrała się ponownie w waszyngtońskim National Press Clubie, by przedstawić nowy czas. William Perry – były sekretarz obrony USA, którego poznaliśmy w rozdziale trzecim – oraz były gubernator Kalifornii Jerry Brown wspólnie odsłonili zegar. Wskazywał on 23.58, dwie minuty przed północą, tak samo jak rok wcześniej. Apokalipsa nie była bliżej, ale też się nie odsunęła. Koniec świata zdawał się poruszać równie szybko jak my.

– Dwie minuty do północy przywodzą na myśl wspomnienia 1953 roku – powiedział Perry. – Wiem, bo go widziałem.

Z kolei Brown, który właśnie skończył po raz drugi piastować urząd gubernatora najludniejszego stanu Ameryki i niedawno został przewodniczącym „Bulletinu", krytykował światowych przywódców ignorujących wiszące nad nami egzystencjalne zagrożenie. „Ślepota i głupota polityków oraz ich konsultantów jest doprawdy szokująca w obliczu atomowej katastrofy i niebezpieczeństwa – powiedział. – Do północy zostały dwie minuty […]. To, co nam zagraża, ciężko nawet wyczuć, ale ci naukowcy wiedzą, o czym mówią. Pora jest późna, musimy wszystkich obudzić" [4].

Jeśli miałem jeden cel przy pisaniu tej książki, to właśnie to: obudzić wszystkich. Uświadomić każdemu rzeczywistość zagrożeń egzystencjalnych, czy to naturalnych, czy stworzonych ręką ludzką – oraz fakt, że nie jesteśmy w ich obliczu bezradni. To pierwsze jest znacznie łatwiejsze. Może nie boimy się dziś wojny termojądrowej tak jak kiedyś, jednak wydarzenia ostatnich lat – napięcia między USA a Rosją, przedarcie się nieobliczalnych krajów takich jak Korea Północna do atomowego klubu – wreszcie wyrwały nas z atomowej amnezji panującej po zakończeniu zimnej wojny. Z każdym miesiącem zmiany klimatu coraz mocniej odciskają się w świadomości mieszkańców całego świata, pogłębiając poczucie, że nieodwracalnie uszkodziliśmy planetę. O ile natomiast nie rozumiemy do końca nowych technologii, takich jak sztuczna inteligencja albo biologia syntetyczna, o tyle wiemy o nich dość, by niepokoić się, gdzie mogą nas zaprowadzić. To nie przypadek, że koniec świata stanowi regularną pożywkę dla naszych filmów, powieści i telewizji. Boimy się. Ale strach nie wystarczy na dłuższą metę – i nie jest strategią przetrwania.

„The Bulletin of the Atomic Scientists" nie miał wyboru, musiał pozostawić zegar zagłady na 23.58 [1]. Sytuacja na świecie nie pogorszyła się

wyraźnie w 2018 roku, pod pewnymi względami nawet się poprawiła – na przykład gdy rozpoczęły się negocjacje między USA a Koreą Północną dotyczące broni jądrowej. Jednak *per saldo* nie zmieniła się też na lepsze – traktaty rozbrojeniowe między Waszyngtonem a Moskwą zostały zerwane, a świat nadal się ociepla: emisje dwutlenku węgla pobiły historyczne rekordy. „Bulletin" znalazł określenie dla naszego stanu staczania się po zboczu Armagedonu, ukute przez fizyka Roberta Rosnera w dniu odsłonięcia zegara: „nowa nienormalność"[5], czyli „niepokojąca rzeczywistość, w której sprawy nie zmieniają się na lepsze, a problemy nie są skutecznie rozwiązywane". Nie chodzi tylko o to, że żyjemy w stanie egzystencjalnego strachu – mieliśmy ku temu powód od 16 lipca 1945 roku. Problem polega na tym, że odpowiedzieliśmy na ten strach nie zapałem, lecz paraliżem. Z łatwością możemy sobie wyobrazić koniec świata – ale już nie wspólne działanie, które by go ocaliło. Pokonać musimy właśnie to narastające poczucie bezradności.

Zegar zagłady to wspaniały symbol – i nic więcej. Nikt nie prowadzi prawdziwego odliczania do końca świata, a przynajmniej nie tak, byśmy mogli je usłyszeć. Jeśli jednak istniejące zagrożenia egzystencjalne będą się z każdym dniem pogarszać, a do tego będziemy ich sobie dodawać jeszcze więcej, szanse naszego przetrwania są na dłuższą metę niewielkie.

Optymistyczne spojrzenie mówi, że to, co na pozór jest nieustannie rosnącym zagrożeniem egzystencjalnym, to tak naprawdę tymczasowy kryzys, stworzony przez nowe technologie, których jeszcze nie kontrolujemy, oraz trudności środowiskowe wynikające z rosnącego tempa naszego rozwoju, takie jak zmiany klimatu. Jeśli damy radę go przeżyć, to będziemy bezpieczni. Potrzebny nam tylko przełom. Może będzie nim etyczna, kontrolowana sztuczna inteligencja, może jakaś mieszanka sztucznej inteligen-

cji oraz geoinżynierii, dzięki której rozmontujemy zmiany klimatu i zdobędziemy sobie kolejne stulecia rozwoju na naszej planecie. Może rację mają Elon Musk i Jeff Bezos, według których bezpieczeństwo czeka nas po przeprowadzce w kosmos. Według tej wizji przetrwamy – i będziemy rozkwitać – nie dzięki zwalnianiu, ale dzięki przyspieszaniu.

Epoka zagrożeń egzystencjalnych z pewnością podniosła stawkę, jednak na tym polegało zasadnicze wyzwanie stojące przed całą ludzkością od jej zarania. Gdy napotykamy ograniczenia, wymyślamy nowe technologie i praktyki, dzięki którym możemy rozwijać się dalej. To powoduje, że zużywamy jeszcze więcej zasobów oraz tworzymy nowe zagrożenia, a zatem potrzebujemy więcej innowacji, by wyprzedzić naszą coraz większą zdolność zarówno do sukcesu, jak i do samozagłady. Właśnie dlatego dziś na świecie jest siedem i pół miliarda ludzi. Właśnie dlatego przeciętny człowiek żyje dziś dłużej, zdrowiej, ma więcej dóbr, po prostu funkcjonuje lepiej niż kiedykolwiek wcześniej, niezależnie od tego, jak pesymistycznie patrzymy na świat. Jednak z każdym rokiem wyścig ten staje się coraz szybszy i trudniejszy. Prędzej czy później możemy się potknąć i zostać wyprzedzeni.

Jest jednak inna możliwość. Możemy umyślnie zwolnić, przejść na łatwiejsze do utrzymania tempo, rezygnując zarówno z zagrożeń, jak i z korzyści, które wiążą się z nowymi technologiami. W gruncie rzeczy do tego nawołują obrońcy przyrody i środowiska, nie tylko w sferze energetyki, ale też myślenia, na poziomie jednostki oraz na poziomie gatunku. Co, jeśli postanowimy przestać żyć ponad stan?

Może to zadziałać. Ale wiele byśmy też poświęcili. By uniknąć zagrożenia egzystencjalnego, zrezygnowalibyśmy z egzystencjalnej nadziei, z losu na loterię pozwalającą wygrać technologiczny raj, w którym ograniczeń już nie będzie. Musielibyśmy też zmienić chyba najbardziej podstawowe dąże-

nie ludzkości – do rozwoju. Wielkie religie świata o miliardowych rzeszach wyznawców doradzają nam pokorę i wstrzemięźliwość, ale proszę się tylko rozejrzeć. Dążenie do rozwoju oraz konkurencji wydaje się wpisane w ludzką naturę tak dogłębnie, że zmienilibyśmy je chyba tylko razem z naszym DNA. Dokona tego nie polityczny aktywizm ani moralna perswazja, tylko przemiana kodu źródłowego człowieka.

Najbardziej zdumiewającą rozmowę podczas przygotowywania tej książki przeprowadziłem nie z nuklearnym wojownikiem pokroju Williama Perry'ego ani genetycznym inżynierem takim jak George Church, ale z filozofem etyki z Uniwersytetu Oksfordzkiego Julianem Savulescu. Uważa on, że nowe technologie, na które zwracam tu uwagę, oraz żądza rozwoju spowodowały, iż ludzkość stoi przed ryzykiem „szkody ostatecznej" – czyli końca świata. Może spowoduje go globalne zagrożenie przemianami klimatu, a może narodowe zagrożenie wojną jądrową albo jednostkowe zagrożenie wirusami z laboratoriów. W każdym wypadku jednak Savulescu twierdzi, że ponieważ zdolność do spowodowania szkody ostatecznej staje się coraz bardziej dostępna, na jedyny hamulec bezpieczeństwa wyrasta ludzka etyka. Jeżeli świat wyleci w powietrze, gdy jedno z nas wciśnie przycisk samozniszczenia, przetrwamy tylko wówczas, gdy będziemy mogli zaufać każdemu człowiekowi, że tego nie zrobi. Według Savulescu brakuje nam etyki zdolnej zmierzyć się z niebezpiecznym światem, który sami sobie stworzyliśmy.

– Coraz mniej pasują do siebie nasze technologiczne zdolności i nasza moralna zdolność do korzystania z nich – mówi filozof.

I proponuje rozwiązanie radykalne. Najnowsze osiągnięcia biotechnologii, stanowiące dziś zagrożenie egzystencjalne – w moim odczuciu największe ze wszystkich – można będzie któregoś dnia wykorzystać, by stworzyć bardziej etyczną i moralną ludzkość. Gdy nauczymy się rozpoznawać geny

związane z altruizmem oraz poczuciem sprawiedliwości, będziemy potrafili je rozpowszechniać w kolejnych pokoleniach, tworząc dzieci posiadające wrodzoną mądrość, by nie skorzystać z przerażającej broni biologicznej, rozumiejące powagę ograniczenia dzisiejszej konsumpcji w imię pozostawienia lepszej przyszłości dla kolejnych pokoleń. Dalej będzie istniała możliwość samozniszczenia, jednak nasi genetycznie ulepszeni moralnie potomkowie z niej nie skorzystają.

Brzmi to jak desperacja, ale takie mamy czasy. „Sądzę, że w tym momencie musimy brać pod uwagę każde możliwe rozwiązanie – mówi Savulescu. – A jednym z nich jest nie tylko przeprowadzenie przemian politycznych, do których i tak powinniśmy dążyć, ale też przyglądanie się sobie. To my jesteśmy przyczyną problemów. To my dokonujemy wyborów. To my tworzymy te systemy polityczne. Nikt nie chce przyznać, że problemem mogą być ludzie, a nie ustroje” [6]. Musimy stworzyć nie tylko moralną sztuczną inteligencję, ale też moralnych ludzi.

To eksperyment myślowy filozofa, a nie konkretny plan wszczepiania dzieciom genów altruizmu – trzeba zresztą zauważyć, że nawet gdybyśmy chcieli to zrobić, nie wiemy jak. Kiedy jednak ze sobą rozmawialiśmy – Savulescu siedział w Oksfordzie, ja na Brooklynie – uświadomiłem sobie, że próbował odpowiedzieć na pytanie, które nękało mnie, odkąd zacząłem pisać do gazet o sprawach środowiska. Towarzyszyło mi ono też przez cały czas poświęcony na tworzenie tej książki: czy łatwiej zmieniać ludzi, czy technologię? Jeśli uważają Państwo, że ludzi, to znaczy, iż można nas przekonać, byśmy zachowywali się tak, aby nie zniszczyć otaczającego nas świata, nawet za cenę osobistych poświęceń. Jeśli jednak Państwa zdaniem szybciej reaguje technologia, to należy przyspieszyć w wyścigu z niebezpieczeństwem, wierząc, że nasza zdolność do innowacji wyprzedzi zagładę.

Z tego, co widziałem, większość z nas mówi tak, jakby wierzyła, że to ludzi jest łatwiej zmienić, ale zachowuje się tak, jakby ocalić miała nas technologia. Trzymamy się retoryki politycznych przemian i osobistej odpowiedzialności, jednak w naszym życiu polegamy na rozwoju technicznym oraz gospodarczym, nie dbając o konsekwencje. Savulescu próbował pogodzić ze sobą te dwa bieguny, zmieniając ludzi za pomocą technologii. To chyba dowodzi, jak ciężko fundamentalnie odmienić nas samych.

Oczywiście, że ludzie się zmieniali. Zrezygnowaliśmy w dużej mierze z obrzydliwości takich jak niewolnictwo, powiększyliśmy listę praw człowieka, wywalczyliśmy prawo do rządzenia samymi sobą. Gros tych zmian napędzało jednak rozwój oraz dało jednostkom większą moc, którą mogą wykorzystać do dobrych i złych celów. Nie jestem sobie w stanie wyobrazić, że zmieni się nasza atawistyczna potrzeba sięgania coraz dalej, jeśli nie nastąpi fundamentalna rewolucja polityczna lub nawet duchowa.

Może brak mi wyobraźni. W końcu, jak napisał kiedyś marksistowski teoretyk polityczny i krytyk literacki Fredric Jameson, „łatwiej wyobrazić sobie koniec świata niż koniec kapitalizmu” [7]. Wszędzie jednak, gdzie tylko pojechałem na tej planecie, spotkałem ludzi, którzy chcą więcej. Więcej dla siebie i więcej dla swoich dzieci. Kto im powie, że nie mogą tego dostać, nawet za cenę całego świata?

Musimy więc biec szybciej, jakbyśmy uciekali przed śmiercią.

Zacząłem tę książkę od opisu zdjęcia przedstawiającego moją żonę, rodziców, mnie i mojego nowo narodzonego syna. Było na nim widać, jak przyszłość staje się rzeczywistością, jak na jednym obrazie mieszczą się trzy pokolenia z setek, które chodziły po tej planecie, odkąd nasz gatunek całkiem nieświadomie rozpoczął trwający do dziś projekt zwany cywilizacją.

Mam też inne zdjęcie syna, wiszące na rogu drzwi lodówki. Zostało wykonane ultrasonografem w dwunastym tygodniu ciąży. Moja żona przeszła wcześniej trzy poronienia – trzy razy nasze wielkie nadzieje okazały się płonne. Nigdy przedtem nie dotarliśmy tak daleko. Gdy w gabinecie położniczym przeprowadzano USG, a potem każdego kolejnego dnia, dopóki Ronan nie urodził się sześć i pół miesiąca później, martwiliśmy się. Żadne z nas wcześniej nie wiedziało, że można tak bardzo czegoś chcieć. Gdy piszę te słowa, mój syn ma już za sobą pierwsze urodziny. Dalej ma guzikowaty nosek z tego pierwszego zdjęcia, dalej jest równie niespokojny, jak w łonie matki, gdy każde jego kopnięcie przyjmowaliśmy z radością. Zaczął już chodzić – a niedługo będzie biegał. Jest przyszłością, która stała się ciałem, naszym własnym śladem w kosmosie. Któregoś dnia mojej żony i mnie już nie będzie – modlę się, by on wciąż istniał. Wcześniej wydawałoby się dziwne o tym myśleć. Dziś – nic nie przychodzi mi równie naturalnie.

Teraźniejszość jest ponura, a przyszłość rysuje się jeszcze gorzej. Wciąż jednak mam nadzieję. Nie przystaje ona do tego, co dziś wiem ani co mogę logicznie wymyślić, ale ją mam. Nadzieję, że uda się nam, ludziom, to, co robiliśmy zawsze, i że znajdziemy sposób, by trwać dalej, czy to dzięki odkryciom, czy dzięki poświęceniu, czy dzięki jednemu i drugiemu. Mam tę nadzieję, bo jej brak byłby nie do udźwignięcia. Nadzieję dla niego – i dla nas wszystkich.

1. W 2020 roku wskazówki zegara zagłady zatrzymały się 100 sekund przed północą [przyp. red.]. [wróć]

Podziękowania

Niniejszej książki nie napisałbym bez miłości i zachęty swojej żony Siobhan O’Connor. Wspierała mnie w mojej decyzji o odejściu z magazynu „Time” i podjęciu prac nad *Końcem świata* oraz motywowała w chwilach – których było niemało – gdy ogarniało mnie zwątpienie. To jej jako pierwszej przedstawiałem swoje koncepcje, te dobre i te złe; okazała się przy tym najmądrzejszą pisarką i redaktorką, jaką w życiu spotkałem. Pisanie i książki są dla niej bardzo ważne, gdyby nie to, nie trzymaliby Państwo w rękach tej pozycji. Kochanie – dziękuję Ci za wszystko.

Nasz syn Ronan urodził się kilka miesięcy przed tym, jak poważnie zacząłem pracować nad *Końcem świata*. Badanie scenariuszy końca świata nie sprzyja pogodnym myślom, jednak świadomość, że Ronan jest z nami, pomogła mi zebrać siły na ukończenie projektu – nawet kiedy nie spał w nocy. Dziś każdego dnia mogę patrzeć, jak rośnie, i poczytuję to sobie za wielkie szczęście.

Todd Shuster, mój agent z Aevitas Creative, podjął ryzyko, stawiając na trzydziestodziewięcioletniego debiutanta. Wraz ze swoją ekipą – zwłaszcza Justinem Brouckaertem – blisko ze mną współpracował przy dopracowywaniu mojej propozycji, dopóki nie była gotowa do sprzedaży; wszyscy trwali przy mnie do samego końca. Dziękuję również swojemu koledze z „Time” i sąsiadowi z Carroll Gardens Steve’owi Koeppowi, który skontaktował mnie z Toddem.

Kirshan Trotman – moja redaktorka z Hachette – dostrzegała potencjał *Końca świata* od samego początku. Pomogła mi dopracować koncepcję, kierowała moimi badaniami i reportażami oraz podsuwała bezcenne uwagi aż do dnia wydania, a także później. Carrie Napolitano pomogła mi przepchnąć rękopis przez korektę.

Ekipa reklamowo-marketingowa z Hachette – Michelle Aielli, Sarah Falter i Odette Fleming – wyprowadziła *Koniec świata* na światło dzienne. Czytają Państwo niniejszą książkę po części dzięki ich pracy.

Gdy szukałem weryfikatora, który sprawdziłby ukończony rękopis, miałem kandydatkę: Barbarę Maddux. Barbara współpracowała ze mną jako szefowa reporterów, gdy byłem redaktorem międzynarodowym „Time", bez jej pomocy pewnie nie udałoby nam się zamknąć ani jednego numeru. Gdy wyciągnęła czerwony długopis, wiedziałem, że *Koniec świata* jest w dobrych rękach. Moi pozostali koledzy z piętnastu lat spędzonych w „Time", zarówno w Nowym Jorku, jak i za granicą – między innymi Nancy Gibbs, Richard Stengel, Karl Taro Greenfield, Jim Frederick, Jeffrey Kluger i Radhika Jones – pomogli mi stać się pisarzem i reporterem, którym jestem dzisiaj. Mój artykuł z okładki „Time" z 2017 roku o pandemiach położył podwaliny pod rozdział o chorobach zakaźnych, a inna okładka z tego samego roku, o biologii syntetycznej, tym razem pisana na zamówienie Matta McAllestera z „Newsweeka", spełniła podobną funkcję w przypadku rozdziału o biotechnologii.

W dziedzinie badań zagrożeń egzystencjalnych jest zbyt wiele osób, by podziękować każdej z osobna, szczególnie jednak dłużny jestem podziękowania Philowi Torresowi, Sethowi Baumowi, Ollemu Häggströmowi, Milanowi Ćirkovićowi oraz Nickowi Becksteadowi za długie rozmowy, w których przeprowadzili mnie przez podstawy tego zagadnienia. Rachel Bronson z „Bulletin of the Atomic Scientists" podzieliła się ze mną bezcenną

wiedzą o nastawianiu zegara zagłady. Eric Christensen z Catalina Sky Survey ugościł mnie podczas nocnego poszukiwania asteroid, a Greg Leonard cierpliwie odpowiadał na moje pytania na szczycie Mount Lemmon. Lindley Johnson z NASA zrobił sobie przerwę od obrony Ziemi, by wyjaśnić mi, jak powinniśmy ją chronić.

Jim Eckles z poligonu rakietowego White Sands oprowadził mnie po godzinach pracy po miejscu testu Trinity, racząc przy tym opowieściami o pracownikach i pracownicach projektu Manhattan. Daniel Ellsberg oraz William J. Perry podzielili się swoimi przeżyciami z czasów zimnej wojny i zażegnanych atomowych utarczek. Gernot Wagner oraz Martin Weitzman przyjęli mnie na Uniwersytecie Harvarda, gdzie pomogli ukształtować moje myślenie o ekstremalnych scenariuszach zmian klimatu. Od Samuela Scheffera dowiedziałem się, co jesteśmy winni ludziom przyszłości, a Alexander Rose z The Long Now Foundation podsunął nieco nadziei, podobnie jak Klaus Lackner i jego pochłaniające dwutlenek węgla maszyny.

Wyjazd do Kamerunu na zlecenie „Time” w 2011 roku z wirusologiem Nathanem Wolfe’em pomógł mi zrozumieć, dlaczego mikrobiologiczna granica między ludźmi a zwierzętami jest tak nieszczelna, a praca moich kolegów z magazynu podczas epidemii eboli w 2014 roku – której szefowała Siobhan O’Connor – umożliwiła mi pojęcie globalnego zagrożenia chorobami zakaźnymi. Tom Inglesby oraz Marc Lipsitch wyjaśnili, jakie niebezpieczeństwo dla ludzkości mogą stanowić niektóre z nowych narzędzi biotechnologii, George Church zaś zilustrował część niespodziewanych pułapek czekających na nas w związku z tymi osiągnięciami – ale też korzyści z nich płynące. Prezes Ginkgo Bioworks Jason Kelly oprowadził mnie po swojej biologicznej fabryce w południowym Bostonie, kierowanej przez dyrektor kreatywną Christinę Agapakis.

Roman Yampolskiy rozłożył dla mnie na czynniki pierwsze szaleńczo złożone zagrożenie egzystencjalne ze strony zaawansowanej sztucznej inteligencji, a do powstania całego rozdziału kluczowe okazały się teksty Nicka Bostroma i Eliezera Yudkowsky'ego. Seth Shostak z SETI Institute wyjaśnił mi w swoim gabinecie, dlaczego całe życie poświęcił szukaniu pozaziemskiej inteligencji. Robin Hanson wprowadził mnie w tematykę wielkiego filtra. Adam Frank podzielił się swoimi przemyśleniami na temat międzygwiezdnych zmian klimatu. David Denkenberger przedstawił dietę świata po katastrofie – bogatą w szczury i bakterie.

Mój przyjaciel Ed Finn – którego poznałem jesienią 1998 roku, gdy pracował w uniwersyteckiej gazecie „Princeton Tiger"; później zajął się poważniejszymi rzeczami – powitał mnie na festiwalu Emerge Uniwersytetu Stanowego Arizony, będącym jednym z wielu projektów prowadzonych przez niego w Centrum na rzecz Nauki i Wyobraźni. Mike Gardner okazał się cierpliwym słuchaczem jako kolega po piórze, Paul Griffin zaś był Paulem Griffinem. Niczego z tego nie zrobiłbym bez swoich rodziców, a także swojego brata Seana Walsha i bratowej Caroline Walsh.

Przypisy końcowe

Wstęp

[1] Dane Global Health Observatory (GHO), World Health Organization, who.int, bit.ly/3bEA1Ym, dostęp: 29.03.2019.

[2] Chris Micaud, *One in Seven Thinks End of World Is Coming*. Poll, Reuters, 1.05.2012.

[3] Melanie Randle, Richard Eckersley, *Public Perceptions of Future Threats to Humanity and Different Societal Responses: A Cross-National Study*, „Futures" 2015, No. 72, s. 4–16, doi.org, byt.ly/39v9Cup.

[4] Jacob Poushter, *Globally Is Life Better Today Than in Past?*, Pew Research Center's Global Attitudes Project, 17.09.2018, pewglobal.org, pewrsr.ch/2L3OpOw, dostęp: 31.03.2019.

[5] Jonathan Watts, *We Have 12 Years to Limit Climate Change Catastrophe, Warns UN*, „Guardian", 8.10.2018, theguardian.com, bit.ly/342GNVa, dostęp: 31.03.2019.

[6] Homi Kharas, Kristofer Hamel, *A Global Tipping Point: Half the World Is Now Middle Class or Wealthier*, Brookings, 27.09.2018, brookings.edu, brook.gs/2zdAYZo, dostęp: 31.03.2019.

[7] Elijah Wolfson, *How the World Got Better in 2018, in 15 Charts*, Quartz, 31.12.2018, qz.com, bit.ly/2xuFCBz, dostęp: 31.03.2019.

[8] *The Visual History of Decreasing War and Violence*, „Our World In Data", slides.ourworldindata.org, https://bit.ly/2YDJxYe, dostęp: 31.03.2019.

[9] Max Roser, *Life Expectancy*, „Our World in Data", 23.05.2013, ourworldindata.org, bit.ly/2JlQnsy, dostęp: 31.03.2019.

[10] *Global Terrorism Index 2017: Measuring and Understanding the Impact of Terrorism*, Institute for Economics & Peace, 2017, dostęp: 30.03.2019.

[11] Jonathan B. Wiener, *The Tragedy of the Uncommons: On the Politics of Apocalypse*, „Global Policy", 6.06.2016, onlinelibrary.wiley.com, bit.ly/3bHjmmZ, dostęp: 31.03.2019.

[12] Max Roser, Esteban Ortiz-Ospina, *Global Extreme Poverty*, „Our World in Data", 25.05.2013, ourworldindata.org, bit.ly/2WP0Kgy, dostęp: 31.03.2019.

[13] John Leslie, *The End of the World: The Science and Ethics of Human Extinction*, London: Routledge, 2008.

[14] Stephen Hawking, *Will Robots Outsmart Us? The Late Stephen Hawking Answers This and Other Big Questions Facing Humanity*, „Sunday Times Magazine", 14.10.2018, thetimes.co.uk, bit.ly/2UJz4Hj, dostęp: 31.03.2019.

[15] Anders Sandberg, Nick Bostrom, *Global Catastrophic Risks Survey*, Technical Report #2008-1, Future of Humanity Institute, Oxford University, 2008, s. 1–5, dostęp: 31.03.2019.

[16] *How Likely Is an Existential Catastrophe?*, „Bulletin of the Atomic Scientists", 11.12.2018, the-bulletin.org, bit.ly/2UsSpxp, dostęp: 31.03.2019.

[17] Anders Sandberg, *Human Extinction from Natural Hazard Events*, „Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science", 21.03.2018, oxfordre.com, bit.ly/2UGRp7O, dostęp: 31.03.2019.

[18] Derek Parfit, *Racje i osoby*, przeł. Witold M. Hensel, Michał Warchala, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2012, s. 519.

[19] *Black Rhino*, Extinction Is Forever, www.extinctionisforever.org, dostęp: 31.03.2019.

[20] Nick Bostrom, *Existential Risk Prevention as Global Priority*, „Global Policy" 2013, vol. 4, No. 1, s. 15–31, doi:10.1111/1758-5899.12002.

1. Asteroida. Wszechświat próbuje nas zabić

[1] Susannah Locke, *Was the Dinosaurs' Long Reign on Earth a Fluke?*, „Scientific American", 11.09. 2008.

[2] Vikram Dodd, *Dinosaurs Were Killed by Isle of Wight-Sized Asteroid*, „Guardian", 5.03.2010, the-guardian.com, bit.ly/2JqATn6, dostęp: 31.03.2019.

[3] Nick Bostrom, Milan M. Ćirković, *Global Catastrophic Risks*, Oxford: Oxford University Press, 2018.

[4] Luis W. Alvarez i in., *Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction*, „Science", 6.06.1980, science.sciencemag.org, bit.ly/2QWWJmu, dostęp: 31.03.2019.

[5] Leon Jaroff, *At Last, the Smoking Gun?*, „Time", 24.06.2001, time.com, bit.ly/2UvusFU, dostęp: 31.03.2019.

[6] *Neil DeGrasse Tyson (caught on Camera): The Universe Is Trying to Kill You*, „Big Think", 6.10.2018, bigthink.com, bit.ly/2A2daIz, dostęp: 31.03.2019.

[7] John R. Spencer, Jacqueline Mitton, *The Great Comet Crash: The Impact of Comet Shoemaker-Levy 9 on Jupiter*, New York: Cambridge University Press, 1995.

[8] Susan W. Kieffer, www.nasonline.org, bit.ly/35wVwZ4, dostęp: 31.03.2019.

[9] John R. Spencer, Jacqueline Mitton, *The Great Comet Crash*…, dz. cyt.

[10] „Astrogeology Science Center", Carolyn Shoemaker, USGS Astrogeology Science Center, astrogeology.usgs.gov, on.doi.gov/2SDbk7r, dostęp: 31.03.2019.

[11] NASA, nssdc.gsfc.nasa.gov, go.nasa.gov/2vZf62N, dostęp: 31.03.2019.

[12] Christine Gorman, *The Comet That Battered Jupiter, and Shook Congress*, „Scientific American", 1.02.2016, www.scientificamerican.com, bit.ly/2z8ALqy, dostęp: 31.03.2019.

[13] Martin Terry, *Shoemaker-Levy 9: Temperature, Diameter and Energy of Fireballs*, SAO/NASA ADS: ADS Home Page, 1.09.1996, adsabs.harvard.edu, bit.ly/39tWENi, dostęp: 31.03.2019.

[14] *Comet/Jupiter Collision FAQ – Post-Impact*, physics.sfasu.edu, bit.ly/3dEGyUC, dostęp: 31.03.2019,

[15] Mark R. Showalter, Matthew M. Hedman, Joseph A. Burns, *The Impact of Comet Shoemaker-Levy 9 Sends Ripples Through the Rings of Jupiter*, „Science", 6.05.2011, sciencemag.org, bit.ly/2wQxVWr, dostęp: 31.03.2019.

[16] Warren E. Leary, *Big Asteroid Passes Near Earth Unseen in a Rare Close Call*, „New York Times", 20.04.1989, nytimes.com, nyti.ms/2YIfLBw, dostęp: 31.03.2019.

[17] *Dan Quayle and the Asteroid Watch*, „Chicago Tribune", 3.09.2018, articles.chicagotribune.com, bit.ly/2vY3YTO, dostęp: 31.03.2019.

[18] Eric J. Lyman, *USA Today: "Giggle Factor" Is No Laughing Matter to Scientists*, ericjlyman.com, bit.ly/2UwB5b3, dostęp: 31.03.2019.

[19] *Michael Bay Apologizes for "Armageddon"*, ew.com, bit.ly/3bx2NK4, dostęp: 31.03.2019.

[20] *FAQs: Ten Frequently Asked Questions about NEO Impacts*, boulder.swri.edu, bit.ly/3bDy4et, dostęp: 31.03.2019.

[21] Bryan Bender, *NASA's Asteroid Defense Program Aiming for More Impact*, „Politico", 21.09.2018, politico.co, politi.co/2Jrk8sb, dostęp: 31.03.2019.

[22] Phil Torres, Russell Blackford, *The End: What Science and Religion Tell Us about the Apocalypse*, wydanie Kindle, Durham, NC: Pitchstone, 2016, s. 115, cz. 2611.

[23] R. G. Strom, *The Origin of Planetary Impactors in the Inner Solar System*, „Science" 2005, vol. 309, No. 5742, s. 1847–1850, doi:10.1126/science.1113544.

[24] Craig Childs, *Apocalyptic Planet: Field Guide to the Future of the Earth*, wydanie Kindle, New York: Vintage, 2013, s. 266, cz. 4358.

[25] Carrie Nugent, *Asteroid Hunters*, wydanie Kindle, London: TED Books, 2017, cz. 109.

[26] G. Krasinsky, *Hidden Mass in the Asteroid Belt*, „Icarus” 2002, vol. 158, No. 1, s. 98–105, doi:10.1006/icar.2002.6837.

[27] Tricia Talbert, *Planetary Defense Frequently Asked Questions*, NASA, 29.12.2015, nasa.gov, go.nasa.gov/33Xrgpu, dostęp: 31.03.2019.

[28] Redakcja HowStuffWorks.com, *If You Were to Move All of the Matter in the Universe into One Corner, How Much Space Would It Take Up?*, „HowStuffWorks Science”, 8.03.2018, science.howstuffworks.com, bit.ly/3axud2C, dostęp: 31.03.2019.

[29] Brian Dunbar, *Asteroid Fast Facts*, NASA, 24.03.2015, nasa.gov, go.nasa.gov/3axol9p, dostęp: 31.03.2019.

[30] *Report of the Task Force on Potentially Hazardous Near Earth Objects*, eds. H. Atkinson, C. Tickell, D. Williams, London: British National Space Centre, 2000, s. 54.

[31] Clark Chapman, *The Hazard of Near-Earth Asteroid Impacts on Earth*, „Earth and Planetary Science Letters” 2004, nr 222, s. 1–15, doi:10.1016/j.epsl.2004.03.004.

[32] Carrie Nugent, *Asteroid Hunters*, dz. cyt., cz. 529.

[33] Tamże, cz. 534–539.

[34] Eric Christiensen, dyrektor Catalina Sky Survey, w rozmowie z autorem, marzec 2018.

[35] *Charged Coupled Devices*, McDonald Observatory, mcdonaldobservatory.org, bit.ly/3dI3ORD, dostęp: 31.03.2019.

[36] Carrie Nugent, *Asteroid Hunters*, dz. cyt., cz. 328–330.

[37] William Shakespeare, *Romeo i Julia*, przeł. Józef Paszkowski, Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy, 1975, wyd. 5, akt 3, scena II.

[38] Carrie Nugent, *Asteroid Hunters*, dz. cyt., cz. 303.

[39] Michael D. Lemonick, *Chicken Little Alert*, „Time”, 29.02.2004, content.time.com, bit.ly/2wPKrp7, dostęp: 31.03.2019.

[40] Redakcja HowStuffWorks.com, *Meteors Burn up When They Hit the Earth's Atmosphere: Why Doesn't the Space Shuttle?*, „HowStuffWorks Science”, 1.08.2013, science.howstuffworks.com, bit.ly/2wSx6MF, dostęp: 31.03.2019.

[41] Samantha Mathewson, *How Often Do Meteorites Hit the Earth?*, Space.com, 10.08.2016, space.com, bit.ly/39v66QS, dostęp: 31.03.2019.

[42] *National Near-Earth Object Preparedness Strategy and Action Plan*, Washington, DC: Interagency Working Group for Detecting and Mitigating the Impact of Earth-Bound Near-Earth Objects, 2018.

[43] Michael Schirber, *Cities Cover More of Earth than Realized*, 11 marca 2005, livescience.com, bit.ly/3c4JRDq, dostęp: 31.03.2019,.

[44] G. H. Stokes, D. K. Yeomans i in., *Study to Determine the Feasibility of Extending the Search for Near-Earth Objects to Smaller Limiting Diameters*, Raport NEO Science Definition Team NASA, 2003.

[45] *Congress Hears Options for Asteroid Defense: Pay Now or Pray Later*, NBCNews.com, 19.03.2013, cosmiclog.nbcnews.com, nbcnews.to/2wPPtBZ, dostęp: 31.03.2019.

[46] *Deep Impact*, NASA, jpl.nasa.gov, go.nasa.gov/2xz0asG, dostęp: 31.03.2019.

[47] Charles El Mir, K. T. Ramesh, Derek C. Richardson, *A New Hybrid Framework for Simulating Hypervelocity Asteroid Impacts and Gravitational Reaccumulation*, „Icarus" 2019, No. 321, s. 1013–1025, doi:10.1016/j.icarus.2018.12.032.

[48] *It's Official: Try-hard Bruce Willis Could Not Save the World*, „Astronomy & Geophysics" 2012, vol. 53, No. 5, doi:10.1111/j.1468-4004.2012.53504_6.x.

[49] Brian Dunbar, *An Innovative Solution to NASA's NEO Impact Threat Mitigation Grand Challenge and Flight Validation Mission Architecture Development*, NASA, 1.02.2016, nasa.gov, go.nasa.gov/2Uva1IS, dostęp: 31.03.2019.

[50] *Nuclear Weapons: Actions Needed by NNSA to Clarify Dismantlement Performance Goal*, Washington, DC: Government Accountability Office, 2014.

[51] Phil Plait, *Incoming!!!*, Bad Astronomy, 6.10.2008, blogs.discovermagazine.com, bit.ly/2Uy1rJA, dostęp: 31.03.2019.

[52] NASA, cneos.jpl.nasa.gov, go.nasa.gov/2xF5dYA, dostęp: 31.03.2019.

[53] NASA, cneos.jpl.nasa.gov, go.nasa.gov/2xCCaVz, dostęp: 31.03.2019.

[54] Harold Maass, *The Odds Are 11 Million to 1 That You'll Die in a Plane Crash*, grafika, 8.07.2013, theweek.com, bit.ly/2WXUrr7, dostęp: 31.03.2019.

[55] Phil Plait, *Will the Asteroid Apophis Hit Earth in 2036? No: Seriously, No*, „Slate", 4.01.2016, slate.com, bit.ly/2xH4W7D, dostęp: 31.03.2019.

[56] Emma Luxton, *Which Countries Spend the Most on Space Exploration?*, World Economic Forum, weforum.org, bit.ly/2JtY7Jf, dostęp: 31.03.2019.

[57] Robert Wickramatunga, *United Nations Office for Outer Space Affairs*, COPUOS, unoosa.org, bit.ly/2WXWuvj, dostęp: 31.03.2019.

[58] Jakub Drmola, Miroslav Mareš, *Revisiting the Deflection Dilemma*, „Astronomy & Geophysics" 2015, vol. 56, No. 5, doi:10.1093/astrogeo/atv167.

[59] Avery Thompson, *New Spacecraft Will Head to Binary Asteroid to Help Protect the Planet*, „Popular Mechanics", 25.06.2018, popularmechanics.com, bit.ly/2UVBvqk, dostęp: 31.03.2019.

[60] Paul K. Martin, *NASA's Efforts to Identify Near-Earth Objects and Mitigate Hazards*, Washington, DC: NASA Office of Inspector General, 2014.

[61] Bryan Bender, Nancy Cook, Jacqueline Klimas, *Trump versus the Killer Asteroids*, „Politico", 27.09.2018, politico.com, politi.co/39DfFNq, dostęp: 31.03.2019.

[62] *More Americans View Monitoring Climate or Asteroids as Top NASA Priorities than Do so for Sending Astronauts to the Moon or Mars*, Pew Research Center: Internet, „Science & Technology", 1.06.2018, pewinternet.org, bit.ly/3fkOUBz, dostęp: 31.03.2019.

[63] David Leonard, *Russian Fireball Explosion Shows Meteor Risk Greater than Thought*, Space.com, 1.11.2013,, space.com, bit.ly/3bKMVDU, dostęp: 31.03.2019.

[64] Ellen Barry, Andrew E. Kramer, *Shock Wave of Fireball Meteor Rattles Siberia, Injuring 1,200*, „New York Times", 15.02.2013, nytimes.com, nyti.ms/3diFdSf, dostęp: 31.03.2019.

[65] Large Synoptic Survey Telescope, *LSST General Public FAQs*, LSST, lsst.org, bit.ly/2UYyIwF, dostęp: 31.03.2019.

[66] *Are We Prepared for an Asteroid Headed Straight to Earth?*, „Eos", 29.06.2018, eos.org, bit.ly/2W6cfzx, dostęp: 31.03.2019.

[67] Jackie Snow, *The Silicon Valley Summer Camp Trying to Save Us From Extinction*, Fast Company, 15.08.2018, fastcompany.com, bit.ly/3dMxCwh, dostęp: 31.03.2019.

[68] Tegoż, *Artificial Intelligence Just Discovered New Planets*, „MIT Technology Review", 14.12.2017, technologyreview.com, bit.ly/3aDEkCP, dostęp: 31.03.2019.

[69] Jeff Foust, *White House Releases Near Earth Object Action Plan*, SpaceNews.com, 21.06.2018, spacenews.com, bit.ly/2yufis9, dostęp: 31.03.2019.

[70] David Kramer, *NASA Pushes for Asteroid Detection Satellite, Physics Today*, 12.01.2019, physicstoday.scitation.org, bit.ly/2JzC8jT, dostęp: 31.03.2019.

[71] *Danger of Death!*, „Economist", 14.02.2013, economist.com, econ.st/2UXTxbt, dostęp: 31.03.2019.

[72] Doyle Rice, *Lightning Deaths at All-time Record Low in 2017*, USA Today, 2.01.2018, usatoday.com, bit.ly/2wXKfUJ, dostęp: 31.03.2019.

[73] Eric Berger, *Just How Many Humans Have Space Rocks Killed, Anyway?*, SciGuy, 15.02.2013, blog.chron.com, bit.ly/3fh21DX, dostęp: 31.03.2019.

[74] Agam Bansal i in., *Selfies: A Boon or Bane?*, „Journal of Family Medicine and Primary Care" 2018, vol. 7, No. 4, s. 828, doi:10.4103/jfmpc.jfmpc10918.

[75] *Defending Planet Earth Near-Earth Object Surveys and Hazard Mitigation Strategies*, Washington, DC: National Academies Press, 2010.

[76] David Shepardson, *2017 Safest Year on Record for Commercial Passenger Air Travel: Groups*, Reuters, 1.01.2018, reuters.com, reut.rs/3ax8APT, dostęp: 31.03.2019.

[77] *Budget Estimates Fiscal Year 2018*, Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2017.

[78] Mitchell Hartman, *Here's How Much Money There Is in the World – and Why You've Never Heard the Exact Number*, „Business Insider", 17.11.2017, www.businessinsider.com, bit.ly/3c8CZ7N, dostęp: 31.03.2019.

[79] Richard A. Posner, *Catastrophe: Risk and Response*, Oxford: Oxford University Press, 2006.

2. Wulkan. Dziesięć lat bez lata

[1] *Volcano Hazards Program YVO Yellowstone*, USGS, volcanoes.usgs.gov, on.doi.gov/3bLvlQl, dostęp: 31.03.2019.

[2] Becky Oskin, *Magma "Pancakes" May Have Fueled Toba Supervolcano*, LiveScience, 30.10.2014, livescience.com, bit.ly/3bLvenI, dostęp: 31.03.2019.

[3] Marie D. Jones, John M. Savino, *Supervolcano: The Catastrophic Event That Changed the Course of Human History*, wydanie poprawione Kindle, Franklin Lakes, NJ: New Page Books, 2007, s. 8, poz. 93.

[4] Tamże, s. 116, 117.

[5] Greg Breining, *Super Volcano: The Ticking Time Bomb Beneath Yellowstone National Park*, wydanie Kindle, St. Paul, MN: Voyageur, 2010, poz. 1595.

[6] Marie D. Jones, John M. Savino, *Supervolcano*, dz. cyt., s. 114, poz. 1477.

[7] David Cox, *Future – Would a Supervolcano Eruption Wipe Us Out?*, BBC, 24.07.2017, bbc.com, bbc.in/3dS6Lzg, dostęp: 31.03.2019.

[8] Charles Mann, *State of the Species*, „Orion", orionmagazine.org, bit.ly/3dNZBMo, dostęp: 31.03.2019.

[9] Marie D. Jones, John M. Savino, *Supervolcano*, dz. cyt., s. 94, 95.

[10] Bill McGuire, *Global Catastrophes: A Very Short Introduction*, wydanie Kindle, Oxford: Oxford University Press, 2014, s. 68, poz. 1200.

[11] Wynne Parry, *20 Years After Pinatubo: How Volcanoes Could Alter Climate*, LiveScience, 9.06.2011, livescience.com, bit.ly/2X9G0A2, dostęp: 31.03.2019.

[12] Michael R. Rampino, Stephen Self, *Volcanic Winter and Accelerated Glaciation following the Toba Super-eruption*, „Nature" 1992, vol. 359, No. 6390, s. 50–52, doi:10.1038/359050a0.

[13] Alan Robock i in., *Did the Toba Volcanic Eruption of ~74 Ka B:str: Produce Widespread Glaciation?*, „Journal of Geophysical Research" 2009, vol. 114, No. D10, doi:10.1029/2008jd011652.

[14] Tamże.

[15] Phil Torres i Russell Blackford, *The End: What Science and Religion Tell Us about the Apocalypse*, wydanie Kindle (Durham, NC: Pitchstone, 2016), s. 113, poz. 2570.

[16] Nick Bostrom, Milan M. Ćirković, Martin J. Rees, *Global Catastrophic Risks*, wydanie Kindle, Oxford: Oxford University Press, 2018, s. 13, poz. 706.

[17] *The Uniformity Problem*, cs.unc.edu, unc.live/3dKGMK1, dostęp: 31.03.2019.

[18] Ann Gibbons, *Pleistocene Population Explosions*, „Science", 1.10.1993, science.sciencemag.org, bit.ly/39vxoGI, dostęp: 31.03.2019.

[19] *Halting the Extinction Crisis*, Center for Biological Diversity, biologicaldiversity.org, bit.ly/2UR9Oii, dostęp: 31.03.2019.

[20] Paul R. Renne i in., *State Shift in Deccan Volcanism at the Cretaceous-Paleogene Boundary, Possibly Induced by Impact*, „Science" 2015, vol. 350, No. 6256, s. 76–78, doi:10.1126/science.aac7549.

[21] Sarah Zielinski, *Massive Volcanic Eruptions Triggered Earth's "Great Dying"*, Smithsonian.com, 28.08.2015, smithsonianmag.com, bit.ly/34aI3Wb, dostęp: 31.03.2019.

[22] Seth D. Burgess, Samuel A. Bowring, *High-precision Geochronology Confirms Voluminous Magmatism Before, During, and after Earth's Most Severe Extinction*, „Science Advances" 2015, vol. 1, No. 7, doi:10.1126/sciadv.1500470.

[23] Michael Miller, *How Do You Stop the Next Mass Extinction? Look to the Past*, Phys.org, 10.11.2017, phys.org, bit.ly/39Gosy5, dostęp: 31.03.2019.

[24] Peter Brannen, *The Ends of the World: Volcanic Apocalypses, Lethal Oceans and Our Quest to Understand Earth's Past Mass Extinctions*, London: Oneworld, 2018.

[25] Colin Wilson i in., *The 26·5 ka Oruanui Eruption, Taupo Volcano, New Zealand: Development, Characteristics and Evacuation of a Large Rhyolitic Magma Body*, „Journal of Petrology" 2005, vol. 47, No. 1, s. 35–69, doi:10.1093/petrology/egi066.

[26] James Morgan, *Supervolcano Eruption Mystery Solved*, BBC News, 6.01.2014, www.bbc.com, bbc.in/2SEg5xq, dostęp: 31.03.2019.

[27] S. Sparks i in., *„2005 Super-eruptions: Global effects and future threats*, raport grupy roboczej Geological Society of London, wyd. 2.

[28] Claudia Timmreck i in., *Aerosol Size Confines Climate Response to Volcanic Super-eruptions*, „Geophysical Research Letters" 2010, vol. 37, No. 24, doi:10.1029/2010gl045464.

[29] Eugene I. Smith i in., *Humans Thrived in South Africa through the Toba Eruption about 74,000 Years Ago*, „Nature" 2018, vol. 555, No. 7697, s. 511–515, doi:10.1038/nature25967.

[30] Gillen D'Arcy Wood, *Tambora: The Eruption That Changed the World*, wydanie Kindle, Princeton, NJ: Princeton University Press, 2015, s. 16.

[31] Robert Evans, *Blast from the Past*, Smithsonian.com, 1.07.2002, smithsonianmag.com, bit.ly/2UBBc4V, dostęp: 31.03.2019.

[32] Clive Oppenheimer, *Climatic, Environmental and Human Consequences of the Largest Known Historic Eruption: Tambora Volcano (Indonesia) 1815*, „Progress in Physical Geography. Earth and Environment" 2003, vol. 27, No. 2, s. 230–259, doi:10.1191/0309133303pp379ra.

[33] R. B. Stothers, *The Great Tambora Eruption in 1815 and Its Aftermath*, „Science" 1984, vol. 224, No. 4654, s. 1191–1198, doi:10.1126/science.224.4654.1191.

[34] Gillen D'Arcy Wood, *The Volcano That Shrouded the Earth and Gave Birth to a Monster*, 31.12.2015, nautil.us, bit.ly/2L0b3af, dostęp: 31.03. 2019.

[35] Gillen D'Arcy Wood, *Tambora*, dz. cyt.

[36] Clive Oppenheimer, *Climatic, Environmental and Human Consequences*…, dz. cyt., s. 230–259.

[37] Gillen D'Arcy Wood, *The Volcano That Shrouded the Earth and Gave Birth to a Monster – Issue 53: Monsters*, „Nautilus", 5.10.2017, nautil.us, bit.ly/2x25oxd, dostęp: 31.03.2019.

[38] Marie D. Jones, John M. Savino, *Supervolcano*, dz. cyt., s. 61, poz. 785.

[39] William J. Broad, *A Volcanic Eruption That Reverberates 200 Years Later*, „New York Times", 24.08.2015, nytimes.com, nyti.ms/2JBIUFS, dostęp: 31.03.2019.

[40] George Gordon Byron, *Ciemność*, przeł. A. Mickiewicz, Lwów: H. Altenberg, 1882, s. 5.

[41] Phil Torres, Russell Blackford, *The End*, dz. cyt., s. 112, poz. 2545.

[42] *After Tambora*, „Economist", 11.04.2015, economist.com, econ.st/2YBh2KU, dostęp: 31.03.2019.

[43] Robert Evans, *Blast from the Past*, dz. cyt.

[44] Gwynn Guilford, *Iceland's Last Giant Volcanic Eruption Cost the Global Economy $5bn: Is That About to Happen Again?*, Quartz, 19.08.2014, qz.com, bit.ly/2UXLxHp, dostęp: 31.03.2019.

[45] C. Newhall, S. Self, A. Robock, *Anticipating Future Volcanic Explosivity Index (VEI) 7 Eruptions and Their Chilling Impacts*, „Geosphere" 2018, vol. 14, No. 2.

[46] Joseph G. Manning i in., *Volcanic Suppression of Nile Summer Flooding Triggers Revolt and Constrains Interstate Conflict in Ancient Egypt*, „Nature Communications" 2017, vol. 8, No. 1, doi:10.1038/s41467-017-00957-y.

[47] Ann Gibbons, *Why 536 Was "the Worst Year to Be Alive"*, „Science", 16.11.2018, sciencemag.org, bit.ly/3bTa2wp, dostęp: 31.03.2019.

[48] Chris Newhall, Stephen Self, Alan Robock, *Anticipating Future Volcanic Explosivity Index (VEI) 7 Eruptions and Their Chilling Impacts*, „Geosphere" 2018, vol. 14, No. 2, s. 572–603, pubs.geoscienceworld.org, bit.ly/3aEu1yF.

[49] Morgan Warthin, *2017 – Second Busiest Year on Record*, National Parks Service, nps.gov, bit.ly/2V0Llab, dostęp: 31.03.2019.

[50] *Park Geology*, Yellowstone Geology, yellowstone.net, bit.ly/347m02B, dostęp: 31.03.2019.

[51] Marie D. Jones, John M. Savino, *Supervolcano*, dz. cyt., s. 191, poz. 2461.

[52] Larry G. Mastin, Alexa R. Van Eaton, Jacob B. Lowenstern, *Modeling Ash Fall Distribution from a Yellowstone Supereruption*, „Geochemistry, Geophysics, Geosystems" 2015, vol. 15, No. 8, s. 3459–3475, doi:10.1002/2014gc005469.

[53] Marie D. Jones, John M. Savino, *Supervolcano*, dz. cyt., s. 29, poz. 367.

[54] Larry G. Mastin, Alexa R. Van Eaton, Jacob B. Lowenstern, *Modeling Ash Fall Distribution*…, dz. cyt.

[55] Marie D. Jones, John M. Savino, *Supervolcano*, dz. cyt., s. 224, poz. 2899.

[56] USGS, *Volcanic Ash Impacts & Mitigation – Transmission & Distribution*, volcanoes.usgs.gov, on.doi.gov/2UHRjhD, dostęp: 31.03.2019.

[57] Matthew L. Wald, *A Drill to Replace Crucial Transformers (Not the Hollywood Kind)*, „New York Times", 15.03.2012, nytimes.com, nyti.ms/2yn9QaC, dostęp: 31.03.2019.

[58] USGS, *Volcanic Ash Impacts & Mitigation – Agriculture – Plants & Animals*, volcanoes.usgs.gov, on.doi.gov/3bQUDN8, dostęp: 31.03.2019.

[59] *Yellowstone Eruption: The Zones – Doc Zone – CBC-TV*, CBCnews, cbc.ca, bit.ly/39CoiYQ, dostęp: 31.03.2019.

[60] *The 10 Most Expensive US Natural Disasters*, „Christian Science Monitor", 27.06.2013, csmonitor.com, bit.ly/3foLpdi, dostęp: 31.03.2019.

[61] Robert B. Smith, Lee J. Siegel, *Windows into the Earth: The Geologic Story of Yellowstone and Grand Teton National Parks*, wydanie Kindle, Oxford: Oxford University Press, 2000, poz. 2160.

[62] Claudia Timmreck, Hans-F. Graf, *The Initial Dispersal and Radiative Forcing of a Northern Hemisphere Mid-latitude Super Volcano: A Model Study*, „Atmospheric Chemistry and Physics" 2006, vol. 6, No. 1, s. 35–49, doi:10.5194/acp-6-35-2006.

[63] John Vidal, *UN Warns of Looming Worldwide Food Crisis in 2013*, „Guardian", 13.10.2012, theguardian.com, bit.ly/2JxoFcq, dostęp: 31.03.2019.

[64] *World Hunger Statistics*, Food Aid Foundation, foodaidfoundation.org, bit.ly/3aDsHfq, dostęp: 31.03.2019.

[65] Hans-Peter Plag i in., *Extreme Geohazards: Reducing Disaster Risk and Increasing Resilience*, European Science Foundation, 2015.

[66] Sebastian Farquhar i in., *Existential Risk: Diplomacy and Governance*, Global Priorities Project, 2017.

[67] USGS, *Volcano Hazards Program YVO Yellowstone*, volcanoes.usgs.gov, on.doi.gov/2UIfRXP, dostęp: 31.03.2019.

[68] S. Sparks, i in., *2005 Super-eruptions*, dz. cyt.

[69] *USGS Funding*, Washington, DC: Department of the Interior, 2018.

[70] Hans-Peter Plag i in., *Extreme Geohazards*, dz. cyt.

[71] Brian Wilcox i in., *Defending Human Civilization from Supervolcanic Eruptions*, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, 2015.

[72] Eric Klemetti, *No, NASA Isn't Going to Drill to Stop Yellowstone from Erupting*, Rocky Planet, 11.10.2017, blogs.discovermagazine.com, bit.ly/3aJ2ZpC, dostęp: 31.03.2019.

[73] S. Sparks i in., *2005 Super-eruptions*, dz. cyt.

[74] Jonathan Rougier i in., *The Global Magnitude-frequency Relationship for Large Explosive Volcanic Eruptions*, „Earth and Planetary Science Letters" 2018, No. 482, s. 621–629, doi:10.1016/j.epsl.2017.11.015.

[75] Tamże.

[76] Milan M. Ćirković, Anders Sandberg, Nick Bostrom, *Anthropic Shadow: Observation Selection Effects and Human Extinction Risks*, „Risk Analysis" 2010, vol. 30, No. 10, s. 1495–1506, doi:10.1111/j.1539-6924.2010.01460.x.

3. Atom. Kurtyna dla ludzkości

[1] Jim Eckles w rozmowie z autorem, kwiecień 2018.

[2] *Manhattan Project: The Manhattan Project and the Second World War, 1939–1945*, osti.gov, bit.ly/35zq8Jq, dostęp: 31.03.2019.

[3] Alex Wellerstein, *The Light of Trinity, the World's First Nuclear Bomb*, „New Yorker", 12.07.2018, newyorker.com, bit.ly/2R5hjBd, dostęp: 31.03.2019.

[4] Ferenc Morton Szasz, *The Day the Sun Rose Twice: The Story of the Trinity Site Nuclear Explosion, July 16, 1945*, wydanie Kindle, Albuquerque: University of New Mexico Press, 1995, s. 147, poz. 2127.

[5] Tamże, s. 65, poz. 1020.

[6] Alex Wellerstein, *The Light of Trinity*, dz. cyt.

[7] Peter Goodchild, *Meet the Real Dr Strangelove*, „Guardian", 1.04.2004, theguardian.com, bit.ly/2VeKZgD, dostęp: 31.03.2019.

[8] Kabir Chibber, *Meet the People Out to Stop Humanity from Destroying Itself*, Quartz, 13.04.2015, qz.com, bit.ly/347k7mG, dostęp: 31.03.2019.

[9] Ferenc Morton Szasz, *The Day the Sun Rose Twice*, dz. cyt., s. 57.

[10] *Manhattan Project: LA-602: Ignition of the Atmosphere with Nuclear Bombs, 1946*, fas.org, bit.ly/34b94sC, dostęp: 24.03.2011.

[11] Ferenc Morton Szasz, *The Day the Sun Rose Twice*, dz. cyt., s. 58.

[12] Richard Rhodes, *Jak powstała bomba atomowa*, przeł. Piotr Amsterdamski, Warszawa: Prószyński i S-ka, 2000, s. 602.

[13] Tamże.

[14] *Manhattan Project: The Trinity Test*, osti.gov, bit.ly/2x5zEav, dostęp: 31.03.2019.

[15] *On the 50th Anniversary of the Atomic Bomb: Radiation at Trinity Site*, History of the Atomic Age, atomicarchive.com, bit.ly/2Rdl33H, dostęp: 31.03.2019.

[16] Ferenc Morton Szasz, *The Day the Sun Rose Twice*, dz. cyt., s. 117, poz. 1592.

[17] Trinity Atomic Web Site, abomb1.org, bit.ly/2XaZ8hc, dostęp: 31.03.2019.

[18] Anna E. Holmes, *A Crimson Fracture in the Sky*, Topic, 18.03.2019, https://www.topic.com, bit.ly/3aE3Rfg, dostęp: 31.03.2019.

[19] Ferenc Morton Szasz, *The Day the Sun Rose Twice*, dz. cyt., s. 83.

[20] Richard Rhodes, *Jak powstała bomba atomowa*, dz. cyt., s. 610, 612, 613.

[21] Tamże, s. 627.

[22] Tamże, s. 642.

[23] Tamże, s. 648.

[24] *The Nobel Peace Prize 2017*, NobelPrize.org, nobelprize.org, bit.ly/2Rbbi69, dostęp: 31.03.2019.

[25] Ken Ringle, *A Fallout over Numbers*, „Washington Post", 5.08.1995, washingtonpost.com, wapo.st/3bPyTB1, dostęp: 31.03.2019.

[26] Eric Schlosser, *The Growing Dangers of the New Nuclear-Arms Race*, „New Yorker", 24.05.2018, newyorker.com, byt.ly/39OeafK, dostęp: 31.03.2019.

[27] Richard Rhodes, *The Making of the Atomic Bomb*, wydanie Kindle, New York: Simon & Schuster, 2012, poz. 107.

[28] *Fact Sheets & Briefs*, Nuclear Testing Tally, Arms Control Association, armscontrol.org, bit.ly/2xNFIo9, dostęp: 31.03.2019.

[29] Eric Schlosser, *The Growing Dangers*…, dz. cyt.

[30] Fred Kaplan, *Daniel Ellsberg's Memoir about Life as a Nuclear War Planner Would Be Terrifying Even If Trump Weren't President*, „Slate", 4.12.2017, slate.com, bit.ly/3bRD9QG, dostęp: 31.03.2019.

[31] „Life", 15.09.1961.

[32] Raymond J. Mauer, *Duck and Cover*, reż. Anthony Rizzo, Archer Productions, 1952.

[33] *Neither Snow, Nor Sleet, Nor Heat, Nor Fallout.*…, „Bulletin of the Atomic Scientists", wrzesień 1998.

[34] Zachary Keck, *America's Insane Plan to Survive a Russian Nuclear Attack*, „National Interest", 6.07.2017, nationalinterest.org, bit.ly/348GuIc, dostęp: 31.03.2019.

[35] *Lee Clarke's Mission Improbable: Using Fantasy Documents to Tame Disaster*, leeclarke.com, bit.ly/2x3vpvV, dostęp: 31.03.2019.

[36] Philip Boffey, *Social Scientists Believe Leaders Lack a Sense of War's Reality*, „New York Times, 7.09.1982, nytimes.com, nyti.ms/2W8KwhD, dostęp: 31.03.2019.

[37] Scott Slovic, Paul Slovic, *The Arithmetic of Compassion*, „New York Times, 4.12.2015, nytimes.com, nyti.ms/2x5ClZs, dostęp: 31.03.2019.

[38] Shankar Vedantam, *Mass Suffering and Why We Look the Other Way*, „Washington Post", 5.01.2009, washingtonpost.com, wapo.st/2Rd6KvM, dostęp: 31.03.2019.

[39] Robert Jay Lifton, *The Climate Swerve: Reflections on Mind, Hope, and Survival*, wydanie Kindle, New York: New Press, 2017, poz. 458.

[40] Herman Kahn, *On Thermonuclear War*, Princeton, NJ: Princeton University Press, 1960.

[41] Fred Kaplan, *Daniel Ellsberg's Memoir*…, dz. cyt.

[42] Daniel Ellsberg, *The Doomsday Machine: Confessions of a Nuclear War Planner*, New York: Bloomsbury, 2017.

[43] Louis Menand, *Fat Man*, „New Yorker", 18.06.2017, newyorker.com, bit.ly/2JHakuc, dostęp: 31.03.2019.

[44] Hans M. Kristensen, Robert S. Norris, *Global Nuclear Weapons Inventories, 1945–2013*, „Bulletin of the Atomic Scientists" 2013, vol. 69, No. 5, s. 75–81, doi:10.1177/0096340213501363.

[45] Yasmeen Serhan, *When the World Lucked Out of a Nuclear War*, „Atlantic", 31.10.2017, theatlantic.com, bit.ly/2X9C16J, dostęp: 31.03.2019.

[46] Raffi Khatchadourian, *The Doomsday Invention*, „New Yorker", 7.09.2017, newyorker.com, bit.ly/2Xcj3MD, dostęp: 31.03.2019.

[47] Tucker Davey, *55 Years After Preventing Nuclear Attack, Arkhipov Honored with Inaugural Future of Life Award*, Future of Life Institute, 5.06.2018, futureoflife.org, bit.ly/3fmftpT, dostęp: 31.03.2019.

[48] Baker Spring, *What Americans Need to Know About Missile Defense: We're Not There Yet*, Heritage Foundation, heritage.org, herit.ag/2W6GpCt, dostęp: 31.03.2019.

[49] Pavel Aksenov, *Stanislav Petrov: The Man Who May Have Saved the World*, BBC News, 26.09.2013, bbc.com, bbc.in/2UHmnOo, dostęp: 31.03.2019.

[50] Raffi Khatchadourian, *The Doomsday Invention*, dz. cyt.

[51] *JFK on Nuclear Weapons and Non-Proliferation, Carnegie Endowment for International Peace*, carnegieendowment.org, bit.ly/2X9Attq, dostęp: 31.03.2019.

[52] *New Evidence on the Origins of Overkill*, Nuclear Vault, nsarchive2.gwu.edu, bit.ly/3aLs7wb, dostęp: 31.03.2019.

[53] *Worldwide Effects of Nuclear War*, Washington, DC: U. S. Arms Control and Disarmament Agency, 1975.

[54] Richard Turco i in., *Nuclear Winter: Global Consequences of Multple Nuclear Explosions*, „Science" 1983, vol. 222, No. 4630, s. 1283–1292, doi:10.1126/science. 222.4630.1283.

[55] Jill Lepore, *The Atomic Origins of Climate Science*, „New Yorker", 12.10.2018, newyorker.com, bit.ly/3dTKIrL, dostęp: 31.03.2019.

[56] Dokładne odwołanie do treści zeznań: Carl Sagan, *Nuclear War and Climatic Catastrophe: Some Policy Implications* w: The Consequences of Nuclear War: Hearings Before the Joint Subcommittee on International Trade, Finance, and Security Economics of the Joint Economic Committee Congress of the United States, US Government Printing Office: Washington 1986, str. 34..

[57] Richard Turco i in., *Nuclear Winter*, dz. cyt.

[58] Alan Robock, Luke Oman, Georgiy L. Stenchikov, *Nuclear Winter Revisited with a Modern Climate Model and Current Nuclear Arsenals: Still Catastrophic Consequences*, „Journal of Geophysical Research. Atmospheres 112" 2007, No. D13, doi:10.1029/2006jd008235.

[59] *Richard P: Turco*, RSS, macfound.org, bit.ly/3e5PEKm, dostęp: 31.03.2019.

[60] Hans M. Kristensen, Robert S. Norris, *Global Nuclear Weapons Inventories, 1945–2013*, dz. cyt.

[61] John F. Harris, *Bryan Bender, Bill Perry Is Terrified: Why Aren't You?*, „Politico", 6.01.2017, politico.com, politi.co/2JERkMH, dostęp: 31.03.2019.

[62] *A New Era*, „Bulletin of the Atomic Scientists", grudzień 1991.

[63] Adam Nagourney, David E. Sanger, Johana Barr, *Hawaii Panics After Alert About Incoming Missile Is Sent in Error*, „New York Times", 13 2018, nytimes.com, nyti.ms/2L8d2JD, dostęp: 31.03.2019.

[64] Tulsi Gabbard, „HAWAII – THIS IS A FALSE ALARM. THERE IS NO INCOMING MISSILE TO HAWAII. I HAVE CONFIRMED WITH OFFICIALS THERE IS NO INCOMING MISSILE. Pic.twitter.com/DxfTXIDOQs", Twitter, 13.01.2018, twitter.com, bit.ly/3dYcFyv, dostęp: 31.03.2019.

[65] Ankit Panda, *False Alarms of the Apocalypse*, „Atlantic", 14.01.2018, theatlantic.com, bit.ly/2JC5HkW, dostęp: 31.03.2019.

[66] Madison Park, *Here's What Went Wrong with the Hawaii False Alarm*, CNN, 31.01.2018, cnn.com, cnn.it/34g9o9E, dostęp: 31.03.2019.

[67] Alex Wellerstein, *Notes on the Hawaii False Alarm, One Year Later*, Restricted Data. The Nuclear Secrecy Blog, blog.nuclearsecrecy.com, bit.ly/3dU66x2, dostęp: 31.03.2019.

[68] *North Korea Nuclear Timeline Fast Facts*, CNN, 22.03.2019, https://www.cnn.com/2013/10/29/world/asia/north-koreanuclear-timeline–fast-facts/index.html, dostęp: 31.03.2019.

[69] Jaweed Kaleem, Raoul Ranoa, Angelica Quintero, *As North Korean Threat Grows, Hawaii Prepares for Nuclear Attack*, „Los Angeles Times", 10.11.2017, latimes.com, lat.ms/3diSIBp, dostęp: 31.03.2019.

[70] *Amid an Escalating War of Words, Let's Check in on Nuclear Stockpiles*, NBCNews.com, nbcnews.com, nbcnews.to/2V7j3ei, dostęp: 31.03.2019.

[71] *Chronological Listing of Above Ground Nuclear Detonations: Explanation and Summary*, johnstonsarchive.net, bit.ly/2UKjCM2, dostęp: 31.03.2019.

[72] *City to Remove Outdated Fallout Shelter Signs*, WNYC, wnyc.org, bit.ly/34cTahr, dostęp: 31.03.2019.

[73] Jeet Heer, *Is This the Dawn of a New Era of Nuclear Proliferation?*, „New Republic", 15.05.2018, newrepublic.com, bit.ly/34eteBW, dostęp: 31.03.2019.

[74] *JFK on Nuclear Weapons and Non-Proliferation*, Carnegie Endowment for International Peace, carnegieendowment.org, bit.ly/2X9Attq, dostęp: 31.03.2019.

[75] Thomas C. Frohlich, Alexander Kent, *Countries Spending the Most on the Military*, „USA Today", 12.07.2014, usatoday.com, bit.ly/3dXKPme, dostęp: 31.03.2019.

[76] *Nuclear Posture Review*, Washington, DC: Department of Defense, 2018.

[77] Ellis Mishulovich, *Why Does Russia Build So Many Doomsday Weapons?*, „National Review", 19.04.2018, nationalreview.com, bit.ly/3aSop40, dostęp: 31.03.2019.

[78] Władimir Putin, *Presidential Address to the Federal Assembly*, President of Russia, 1.03.2018, en.kremlin.ru, bit.ly/3bTFXwt, dostęp: 31.03.2019.

[79] Eliot Marshall, *More Precise U:S: Nukes Could Raise Tensions with Russia*, „Science", 8.12.2017, sciencemag.org, bit.ly/2ReK7Hv, dostęp: 31.03.2019.

[80] David E. Sanger, William J. Broad, *To Counter Russia, U:S: Signals Nuclear Arms Are Back in a Big Way*, „New York Times", 5.02.2018, nytimes.com, nyti.ms/2L0RnTM, dostęp: 31.03.2019.

[81] Kate Hudson, *Trump's Nuclear Posture Review Makes War More Likely*, „Huffington Post UK", 2.04.2018, huffingtonpost.co.uk, bit.ly/34pbW5r, dostęp: 31.03.2019.

[82] *Defense Primer: Command and Control of Nuclear Forces*, Washington, DC: Congressional Research Service, 2018.

[83] *U:S: Nuclear General Says Would Resist "illegal" Trump Strike Order*, Reuters, 19.11.2017, reuters.com, reut.rs/34gdRZC, dostęp: 31.03.2019.

[84] Kat Eschner, *How the Presidency Took Control of America's Nuclear Arsenal*, Smithsonian.com, 5.01.2018, smithsonianmag.com, bit.ly/2X92Ms5, dostęp: 31.03.2019.

[85] *Texts of Accounts by Lucas and Considine on Interviews with MacArthur in 1954*, „New York Times", 9.04.1964, nytimes.com, nyti.ms/3frG9FI, dostęp: 31.03.2019.

[86] David E. Sanger, *U:S: General Considered Nuclear Response in Vietnam War, Cables Show*, „New York Times", 6.10.2018, nytimes.com, nyti.ms/3diSVVi, dostęp: 31.03.2019.

[87] Richard Rhodes, *Absolute Power*, „New York Times", 21.03.2014, nytimes.com, nyti.ms/2A4cQZT, dostęp: 31.03.2019.

[88] Annie Karni, *Washington's Growing Obsession: The 25th Amendment*, „Politico", 4.01.2018, politico.com, politi.co/2W5dWwS, dostęp: 31.03.2019.

[89] Uri Friedman, *"Then What Happens?" Congress Questions the President's Authority to Wage Nuclear War*, „Atlantic", 15.11.2017, theatlantic.com, bit.ly/3bVIbeR, dostęp: 31.03.2019.

[90] Christine Blackman, *Chance of Nuclear War Is Greater than You Think: Stanford Engineer Makes Risk Analysis*, Stanford University, 17.07.2009, news.stanford.edu, stanford.io/2SGI3bZ, dostęp: 31.03.2019.

[91] Martin J. Rees, *Our Final Hour: A Scientist's Warning: How Terror, Error, and Environmental Disaster Threaten Humankind's Future in This Century on Earth and Beyond*, New York: Basic Books, 2003.

4. Zmiany klimatu. Co jesteśmy winni przyszłym pokoleniom?

[1] *Living Ocean*, NASA Science, science.nasa.gov, go.nasa.gov/2xD0hnm, dostęp: 1.04.2019.

[2] Ian Joughin, Ben Smith, *Further Summer Speedup of Jakobshavn Isbra*, „Cryosphere Discussions 2013, vol. 7, No. 6, s. 5461–5473, doi:10.5194/tcd-7-5461-2013.

[3] Ala Khazendar i in., *Interruption of Two Decades of Jakobshavn Isbrae Acceleration and Thinning as Regional Ocean Cools*, „Nature Geoscience" 2019, vol. 12, No. 4, s. 277–283, doi:10.1038/s41561-019-0329-3.

[4] *Greenland Ice Sheet*, Encyclopadia Britannica, 16.04.2018, britannica.com, bit.ly/39N3D44, dostęp: 31.03.2019.

[5] Bryan Walsh, *Unfrozen Tundra*, „Time", 25.09.2008, content.time.com, bit.ly/2x53pbi, dostęp: 31.03.2019.

[6] *Climate Change Evidence: How Do We Know?*, NASA, 26.03.2019, climate.nasa.gov, go.nasa.gov/2V8ASJQ, dostęp: 31.03.2019.

[7] Tamże.

[8] Jason Samenow, *North Pole Surges above Freezing in the Dead of Winter, Stunning Scientists*, „Washington Post", 26.02.2018, washingtonpost.com, wapo.st/2W9lAGL, dostęp: 31.03.2019.

[9] Nick Watts i in., *The 2018 Report of the* Lancet *Countdown on Health and Climate Change: Shaping the Health of Nations for Centuries to Come*, „Lancet" 2018, vol. 392, No. 10163, 2479–2514, doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32594-7.

[10] Doyle Rice, *Climate Change's Impact on Human Health Is Already Here – and Is "Potentially Irreversible": Report Says*, „USA Today", 31.10.2017, usatoday.com/story, bit.ly/34gLoTu, dostęp: 31.03.2019.

[11] Umair Irfan, *California's Wildfires Are Hardly "Natural" – Humans Made Them Worse at Every Step*, Vox, 19.11.2018, vox.com, bit.ly/2wlxP92, dostęp: 31.03.2019.

[12] *Global Warming of 1:5°C*, www.ipcc.ch, bit.ly/3bY02BI, dostęp: 31.03.2019.

[13] Jeff Goodell, *Welcome to the Age of Climate Migration*, „Rolling Stone", 25.06.2018, rolling-stone.com, bit.ly/2zeKJXz, dostęp: 31.03.2019.

[14] Jonathan Watts, *We Have 12 Years to Limit Climate Change Catastrophe, Warns UN*, „Guardian", 8.10.2018, theguardian.com, bit.ly/342GNVa, dostęp: 31.03.2019.

[15] John Schwartz, *Greenland's Melting Ice Neas a "Tipping Point", Scientists Say*, „New York Times", 21.01.2019, nytimes.com, nyti.ms/2ULcz5M, dostęp: 31.03.2019.

[16] Mirko Orlić, Zoran Pasarić, *Semi-empirical versus Process-based Sea-level Projections for the Twenty-first Century*, „Nature Climate Change" 2013, vol. 3, No. 8, s. 735–738, doi:10.1038/nclimate1877.

[17] Elizabeth Kolbert, *Szóste wymieranie: Historia nienaturalna*, przeł. Tatiana Grzegorzewska, Piotr Grzegorzewski, Warszawa: Wydawnictwo W.A.B. – Grupa Wydawnicza Foksal, 2016.

[18] Gernot Wagner, Martin Weitzman, *Climate Shock: The Economic Consequences of a Hotter Planet*, wydanie Kindle, Princeton, NJ: Princeton University Press, 2016, poz. 1032.

[19] *Climate Change Conference Opens in Bali*, „Sydney Morning Herald", 3.12.2007, smh.com.au, bit.ly/39J7bVj.

[20] Nigel Morris, *All Roads Lead to Copenhagen as 100 World Leaders Head to Summit*, „Independent", 22.10.2011, independent.co.uk, bit.ly/39OMjf6.

[21] *CO2 Emissions (Metric Tons per Capita)*, „Data", data.worldbank.org, bit.ly/2UKIjbe.

[22] *World Development Indicators*, DataBank, databank.worldbank.org/data, bit.ly/2RisdDP.

[23] *Developing Countries Are Responsible for 63 Percent of Current Carbon Emissions*, Center for Global Development, cgdev.org, bit.ly/3aPQGIf.

[24] Lisa Lerer, *Obama's Dramatic Climate Meet*, „Politico", 19.12.2009, http://www.politico.com/story/2009/12/obamas-dramatic-climate-meet-030801.

[25] *Information Provided by Parties to the Convention Relating to the Copenhagen Accord*, UNFCCC, unfccc.int/process/conferences/pastconferences/copenhagen-climate-change-conference-december-2009/statements-and-resources/information-provided-by-parties-to-the-convention-relating-to-the-copenhagen-accord.

[26] Robert Rapier, *China Emits More Carbon Dioxide than the U:S: and EU Combined*, „Forbes", 1.07.2018, http://www.forbes.com/sites/rrapier/2018/07/01/china-emits-more-carbon-dioxide-than-the-u-s-and-eu-combined/#7b401329628c.

[27] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, 19 października 2016, eur-lex.europa.eu, bit.ly/2yxbAxY, dostęp: 6.05.2020.

[28] *Statement by the President on the Paris Climate Agreement*, National Archives and Records Administration, obamawhitehouse.archives.gov, bit.ly/2UOrnRh.

[29] Anne C. Mulkern, *COPENHAGEN: D:C: Blizzard Makes for a Rotten Time in Denmark*, 21.12.2009, eenews.net, bit.ly/2RidU29.

[30] Bryan Walsh, *COP15: Climate-Change Conference*, „Time", 21.12.2009, content.time.com, bit.ly/3e5hczA.

[31] *Statement by President Trump on the Paris Climate Accord*, White House, whitehouse.gov, bit.ly/3cOb6ll.

[32] *Report: World Must Cut 25% from Predicted 2030 Emissions*, United Nations, un.org, https://bit.ly/2SkoaYf /.

[33] *How a 2 C Temperature Increase Could Change the Planet*, „CBCnews", CBC/Radio Canada, cbc.ca, bit.ly/2VcyvGh.

[34] Brad Plumer, Nadja Popovich, *Here's How Far the World Is from Meeting Its Climate Goals*, „New York Times", 6.11.2017, nytimes.com, https://nyti.ms/2S2xQ9B.

[35] Brady Dennis, Chris Mooney, *"We Are in Trouble": Global Carbon Emissions Reached a Record High in 2018*, „Washington Post, 5.12.2018, washingtonpost.com, wapo.st/2VArX5F.

[36] *Global Energy & CO2 Status Report*, GECO 2019, iea.org, bit.ly/2UN9d2g.

[37] *Fossil Fuel Energy Consumption (% of Total)*, „Data", data.worldbank.org, bit.ly/3aNXRRa.

[38] K. Caldeira, *Climate Sensitivity Uncertainty and the Need for Energy Without CO2 Emission*, „Science" 2003, vol. 299, No. 5615, s. 2052–2054, doi:10.1126/science.1078938.

[39] James Temple, *At This Rate, It's Going to Take Nearly 400 Years to Transform the Energy System*, „MIT Technology Review", 20.02.2019, technologyreview.com, bit.ly/34eL8Vl.

[40] *Global Warming of 1:5°C*, ipcc.ch, bit.ly/3bY02BI, dostęp: 31.03.2019.

[41] Concordia University, *Carbon Emissions Linked to Global Warming in Simple Linear Relationship*, „ScienceDaily", sciencedaily.com, bit.ly/3e3pfwI, dostęp: 31.03.2019.

[42] *Renewable Energy*, Energy Economics, BP Global, bp.com, on.bp.com/2JNEXOG.

[43] *The Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer*, U. S. Department of State, state.gov, bit.ly/3e1HJha.

[44] Michael Weisskopf, *CFCs Rise and Fall of Chemical "Miracle"*, „Washington Post", 10.04.1988, washingtonpost.com, wapo.st/2wl6ILj.

[45] *Du Pont Studies CFC Substitutes*, „Christian Science Monitor", 9.08.1989, csmonitor.com, bit.ly/2Rimqhv.

[46] Cass R. Sunstein, *Of Montreal and Kyoto: A Tale of Two Protocols*, „ELR News & Analysis", sierpień 2018.

[47] Paul Voosen, *Meet Vaclav Smil, the Man Who Has Quietly Shaped How the World Thinks about Energy*, „Science", 21.03.2018, sciencemag.org, bit.ly/3bZYEig.

[48] *Al Gore's Speech on Renewable Energy*, NPR, 17.07.2008, npr.org, n.pr/39L4Vwx.

[49] Hannah Ritchie, Max Roser, *Energy Production & Changing Energy Sources*, Our World in Data, 28.03.2014, ourworldindata.org, bit.ly/3ePb6Dy.

[50] *BP Statistical Review of World Energy*, London, czerwiec 2018.

[51] Tamże.

[52] *World Energy Outlook 2018*, iea.org, bit.ly/3aSdaZ1.

[53] *Global Greenhouse Gas Emissions Data*, Environmental Protection Agency, 13.04.2017, www.epa.gov, bit.ly/3eMTng7.

[54] Paul Voosen, *Meet Vaclav Smil…*, dz. cyt.

[55] *7 Million Premature Deaths Annually Linked to Air Pollution*, World Health Organization,, 25.03.2014, who.int, bit.ly/3aSxMQS.

[56] Emma Foehringer Merchant, *2017 Was Another Record-Busting Year for Renewable Energy, but Emissions Still Increased*, Greentech Media, 4.06.2018, greentechmedia.com, bit.ly/3eNjuUk.

[57] David L. Chandler, MIT News Office, *Explaining the Plummeting Cost of Solar Power*, „MIT News", 20.11.2018, news.mit.edu, bit.ly/3bw097U.

[58] Vaclav Smil, *Global Catastrophes and Trends: The Next Fifty Years*, wydanie Kindle, Cambridge, MA: MIT Press, 2013, s. 77, poz. 1339.

[59] Dan Reicher, Jeff Brown, David Fedor, *Derisking Carbonization: Making Green Energy Investments Blue Chip*, Stanford Steyer-Taylor Center for Energy Policy and Finance, 27.11.2017.

[60] *Global Military Spending Remains High at $1:7 Trillion*, SIPRI, sipri.org, bit.ly/39OLpzl.

[61] Bill McKibben, *A World at War*, „New Republic", 15.08.2016, newrepublic.com, bit.ly/3aQ0nXj.

[62] *Life on Earth Is Under Assault – But There's Still Hope*, „National Geographic", 23.03.2018, news.nationalgeographic.com, bit.ly/3eTxjRd.

[63] *Living Planet Report 2014*, World Wildlife Fund, worldwildlife.org, wwf.to/3aTTTq8.

[64] Elizabeth Boakes, David Redding, *Earth's Species Are Now Going Extinct 1,000 Times Faster than the Natural Rate*, „ScienceAlert", www.sciencealert.com, bit.ly/3byj5Da.

[65] Malcolm L. Mccallum, *Amphibian Decline or Extinction? Current Declines Dwarf Background Extinction Rate*, „Journal of Herpetology" 2007, vol. 41, No. 3, s. 483–491, doi:10.1670/0022-1511(2007)41[483:adoecd]2.0.co;2.

[66] L. Lebreton i in., *Evidence That the Great Pacific Garbage Patch Is Rapidly Accumulating Plastic*, „Scientific Reports" 2018, vol. 8, No. 1, doi:10.1038/s41598-018-22939-w.

[67] Chris Mooney, *Humans Are Putting 8 Million Metric Tons of Plastic in the Oceans – Annually*, „Washington Post", 12.02.2015, www.washingtonpost.com, wapo.st/2XXly66.

[68] Angus Maddison, *Contours of the World Economy, 1-2030 AD: Essays in Macro-Economic History*, Oxford: Oxford University Press, 2013.

[69] *Overview*, World Bank, worldbank.org, bit.ly/3aSSb8q.

[70] Max Roser, *Human Development Index (HDI)*, Our World in Data, 25.07.2014, ourworldindata.org, bit.ly/3c03Fr3.

[71] Renae Merle, *A Guide to the Financial Crisis – 10 Years Later*, „Washington Post", 10.09.2018, washingtonpost.com, /wapo.st/2VybuP8.

[72] Tamże.

[73] Mahiben Maruthappu i in., *Economic Downturns, Universal Health Coverage, and Cancer Mortality in High-Income and Middle-Income Countries, 1990–2010: A Longitudinal Analysis*, „Lancet" 2016, vol. 388, No. 10045, s. 684–695, doi:10.1016/s0140-6736(16)00577-8.

[74] *The Human Costs of Financial Crises: Linking Market Sentiment to Human Capital Loss*, The Univercity of Maine, 6.11.2017, umaine.edu, bit.ly/2VTJrJd.

[75] William D. Nordhaus, *An Analysis of the Dismal Theorem*, „Cowles Foundation Discussion Papers", Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University, 2.02.2009, ideas.repec.org, bit.ly/2UNBrtL.

[76] Robbie Gonzalez, *The Potential Pitfalls of Sucking Carbon from the Atmosphere*, „Wired", 13.06.2018, www.wired.com, bit.ly/2S2h6is.

[77] *Topic 2: Future Changes, Risks and Impacts*, „*IPCC* 5th Assessment Synthesis Report", ar5-syr.ipcc.ch, bit.ly/3e1OZt7.

[78] *Working Group I: The Physical Science Basis*, IPCC, ipcc.ch, bit.ly/2RlopBD.

[79] *Climate Science Special Report: Climate Models, Scenarios, and Projections*, science2017.globalchange.gov, bit.ly/2xYzt0A.

[80] Michael E. Mann, *The "Fat Tail" of Climate Change Risk*, „Huffington Post", 7.12.2017, huffingtonpost.com, bit.ly/2XgOeGP.

[81] Philip Lynch, *Hot Summer in Australia, Where Fruit Is Cooking on the Trees*, „Irish Times", 21.01.2019, irishtimes.com, bit.ly/3bZNg5T.

[82] Will Steffen i in., *Trajectories of the Earth System in the Anthropocene*, „PNAS", 14.08.2018, pnas.org, bit.ly/34g8j1w.

[83] Ute Kehse, *Global Warming Doesn't Stop When the Emissions Stop*, Phys.org, 3.10.2017, phys.org, bit.ly/3bWU5oO.

[84] Lacie Glover, *Why Does an MRI Cost So Darn Much?*, „Time", 16.07.2014, time.com, bit.ly/34mmMZN.

[85] *How Is Our Self Related to Midline Regions and the Default-mode Network?*, „NeuroImage", Academic Press, 15.05.2011, sciencedirect.com, bit.ly/2JKLucS.

[86] Jane McGonigal, *Our Puny Human Brains Are Terrible at Thinking About the Future*, „Slate", 13.04.2017, slate.com, bit.ly/2RkMRD3.

[87] Neil Irwin, *Climate Change's Giant Impact on the Economy: 4 Key Issues*, „New York Times", 17.01.2019, nytimes.com, nyti.ms/2Xjsk5V.

[88] *GDP Growth (Annual %)*, „Data", data.worldbank.org, bit.ly/3aUifQC.

[89] Derek Parfit, *Racje i osoby*, przeł. Witold M. Hensel, Michał Warchala, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2012, s. 410.

[90] Juliette Jowit, Patrick Wintour, *Cost of Tackling Global Climate Change Has Doubled, Warns Stern*, „Guardian", 25.06.2008, theguardian.com, bit.ly/2RfTNBB.

[91] Gernot Wagner, Martin Weitzman, *Climate Shock: The Economic Consequences of a Hotter Planet*, wydanie Kindle, Princeton, NJ: Princeton University Press, 2016, s. 62, 63.

[92] *FAE: Trends*, FAE: Dashboard, explorer.usaid.gov/aid-trends.html, bit.ly/2Rl4qmE.

[93] Wendell Bell, *Foundations of Futures Studies: Human Science for a New Era*, New York: Transaction, 1997.

[94] Richard Fisher, *Future – The Perils of Short-Termism: Civilisation's Greatest Threat*, BBC, 10.01.2019, bbc.com, bbc.in/2VfRAY9.

[95] Phyllis Dorothy James, *Ludzkie dzieci*, przeł. Maria Gębicka-Frąc, Warszawa: MAG, 2006, s. 17.

[96] *Home*, Revive & Restore, 1.02.2019, reviverestore.org, bit.ly/2JQUnSi.

[97] David Montgomery, *How Human Land Use Has Transformed the Earth – Animated*, CityLab, 11.01.2019, citylab.com, bit.ly/2XixYoI.

[98] Stewart Brand, *Whole Earth Discipline: An Ecopragmatist Manifesto*, Boston: Atlantic Books, 2010.

[99] Elizabeth Kolbert, *Can Carbon Dioxide Removal Save the World?*, „New Yorker", 31.05.2018, http://www.newyorker.com/magazine/2017/11/20/can-carbon-dioxide-removal-save-the-world.

[100] *Direct Air Capture of CO2 with Chemicals: A Technology Assessment for the APS Panel on Public Affairs*, APS Physics. Princeton, NJ, czerwiec 2011.

[101] *Global Carbon Project (GCP)*, Carbon Budget, globalcarbonproject.org, bit.ly/2JPLete.

[102] David W. Keith i in., *A Process for Capturing CO2 from the Atmosphere*, „Joule" 2018, vol. 2, No. 8, s. 1635, doi:10.1016/j.joule.2018.06.010.

[103] *Gas Prices Canada – Understanding Gas Prices*, Petro, retail.petro-canada.ca/en/fuelsavings/gas-taxes-canada.aspx.

[104] Alden Woods, *Klaus Lackner Didn't Set Out to Save the World, but He Thinks His Machine Could Help*, „Azcentral", 8.03.2018, azcentral.com, bit.ly/39UOf5X.

[105] *Mt: Pinatubos Cloud Shades Global Climate*, Free Library, thefreelibrary.com, bit.ly/3e5bmxV.

[106] David Rotman, *Meet the Man with a Cheap and Easy Plan to Stop Global Warming*, „MIT Technology Review", 28.03.2016, technologyreview.com, bit.ly/2RBOiNV.

5. Choroby. Zaraza na XXI wiek

[1] Trail, Antiquities and Monuments Office, amo.gov.hk, bit.ly/3c2IBAd, dostęp: 1.04.2019.

[2] Edward G. Pryor, *The Great Plague of Hong Kong*, „Journal of the Hong Kong Branch of the Royal Asiatic Society" 1975, No. 15, s. 69.

[3] populstat.info, bit.ly/2SG7mLj, dostęp: 1.04.2019.

[4] Elisabeth Rosenthal, *Chickens Killed in Hong Kong to Combat Flu*, „New York Times", 29.12.1997, nytimes.com, nyti.ms/3c4lfKi, dostęp: 1.04.2019.

[5] *Update 95 – SARS: Chronology of a Serial Killer*, World Health Organization, 24.07.2015, who.int, bit.ly/3e41hBt, dostęp: 1.04.2019.

[6] Bryan Walsh, *Outbreak in Asia*, „Time", 17.03.2003, content.time.com, bit.ly/3eb6d7N, dostęp: 1.04.2019.

[7] Wayne Kondro, *SARS Virus Claims Its Third Victim in Canada*, „Lancet" 2003, vol. 361, No. 9363, s. 1106, doi:10.1016/s0140-6736(03)12913-3.

[8] *Outbreak of Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) at Amoy Gardens, Kowloon Bay, Hong Kong Main Findings of the Investigation*, Government of Hong Kong, 2003.

[9] *When SARS First Spread, Guangzhou Residents Sought Out Vinegar*, „South China Morning Post", 21.02.2013, scmp.com, bit.ly/3calXq4, dostęp: 1.04.2019.

[10] Rob Stein, *SARS Travel Advisory Is Expanded*, „Washington Post", 24.04.2003, washington-post.com, wapo.st/2zbkDVp, dostęp: 1.04.2019.

[11] *Facts and Figures, HKIA at a Glance*, Hong Kong International Airport, hongkongairport.com, bit.ly/35zXfNg, dostęp: 1.04.2019.

[12] Peter Shadbolt, *SARS 10 Years On: How Dogged Detective Work Defeated an Epidemic*, CNN, 21.02.2013, cnn.com, cnn.it/2VhbDVQ, dostęp: 1.04.2019.

[13] Wolfgang Preiser, Christian Drosten, *Virology*, SARSReference, sarsreference.com, bit.ly/3aZBfxq, dostęp: 1.04.2019.

[14] Richard D. Smith, *Responding to Global Infectious Disease Outbreaks: Lessons from SARS on the Role of Risk Perception, Communication and Management*, „Social Science & Medicine" 2006, vol. 63, No. 12, s. 3113–3123, doi:10.1016/j.socscimed.2006.08.004.

[15] Peter Shadbolt, *SARS 10 Years On*, dz. cyt.

[16] David Cyranoski, *Bat Cave Solves Mystery of Deadly SARS Virus – and Suggests New Outbreak Could Occur*, „Nature News, 1.12.2017, nature.com, go.nature.com/2W8Ei15, dostęp: 1.04.2019.

[17] Ian Sample, John Gittings, *In China the Civet Cat Is a Delicacy – and May Have Caused SARS*, „Guardian", 24.05.2003, theguardian.com, bit.ly/39UQJ4n, dostęp: 1.04.2019.

[18] Gary Wong i in., *MERS, SARS, and Ebola: The Role of Super-Spreaders in Infectious Disease*, „Cell Host & Microbe" 2015, vol. 18, No. 4, s. 398–401, doi:10.1016/j.chom.2015.09.013.

[19] Hannah Beech, *Unmasking a Crisis*, „Time", 13.04.2003, content.time.com, bit.ly/3b5Fiba, dostęp: 1.04.2019.

[20] John Pomfret, *Beijing Told Doctors to Hide SARS Victims*, „Washington Post", 20.04.2003, washingtonpost.com, wapo.st/39MLYd2, dostęp: 1.04.2019.

[21] *Airline Industry – Passenger Traffic Worldwide 2019: Statistics*, Statista, statista.com, bit.ly/2JQZPoc, dostęp: 1.04.2019.

[22] *Update 95 – SARS: Chronology of a Serial Killer*, World Health Organization, 24.07.2015, who.int, bit.ly/3e41hBt, dostęp: 1.04.2019.

[23] *Origin of HIV & AIDS*, Avert, 19.10.2018, avert.org, bit.ly/2xeMByL, dostęp: 1.04.2019.

[24] *SARS: Frequently Asked Questions*, Centers for Disease Control and Prevention, cdc.gov, bit.ly/34l9KLY, dostęp: 1.04.2019.

[25] *Consensus Document on the Epidemiology of Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS)*, World Health Organization, 1.01.1970, apps.who.int, bit.ly/39Z9e7v, dostęp: 1.04.2019.

[26] Stacey Knobler, *Learning from SARS: Preparing for the Next Disease Outbreak: Workshop Summary*, Washington, DC: National Academies Press, 2004.

[27] John Whitfield, *Portrait of a Serial Killer*, „Nature News", 3.10.2002, nature.com, go.nature.com/2XiBwHD, dostęp: 1.04.2019.

[28] *Number of Malaria Deaths*, World Health Organization, 26.02.2019, who.int, bit.ly/2y3Z5ti, dostęp: 1.04.2019.

[29] Ker Than, *Two of History's Deadliest Plagues Were Linked, with Implications for Another Outbreak*, „National Geographic", 12.01.2018, news.nationalgeographic.com, bit.ly/2XhfHIu, dostęp: 1.04.2019.

[30] *Bugs, Drugs and Smoke: Stories from Public Health*, Geneva: World Health Organization, 2011.

[31] C. Theves, P. Biagini, E. Crubezy, *The Rediscovery of Smallpox*, „Clinical Microbiology and Infection" 2014, vol. 20, No. 3, s. 210–218, doi:10.1111/1469-0691.12536.

[32] Peter Spreeuwenberg, Madelon Kroneman, John Paget, *Reassessing the Global Mortality Burden of the 1918 Influenza Pandemic*, „American Journal of Epidemiology" 2019, doi:10.1093/aje/kwz041.

[33] *Spanish Flu*, History.com, 12.10.2010, history.com, bit.ly/34kxX5e, dostęp: 1.04.2019.

[34] *Global HIV and AIDS Statistics*, Avert, 8.10.2018, avert.org, bit.ly/34m0Iyt, dostęp: 1.04.2019.

[35] Alfred Crosby, *America's Forgotten Pandemic: The Influenza of 1918*, Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

[36] Bryan Walsh, *Scientists Discover Why the 1918 Flu Pandemic Was So Deadly*, „Time", 29.04.2014, time.com, bit.ly/2JTnFQ9, dostęp: 1.04.2019.

[37] Vincent J. Cirillo, *Two Faces of Death: Fatalities from Disease and Combat in America's Principal Wars, 1775 to Present*, „Perspectives in Biology and Medicine" 2007, vol. 51, No. 1, s. 121–133, doi:10.1353/pbm.2008.0005.

[38] Sebastian Farquhar i in., *Existential Risk: Diplomacy and Governance*, Global Priorities Project, 2017.

[39] *Smallpox*, World Health Organization, 2.05.2018, who.int, bit.ly/2Rp2TMf, dostęp: 1.04.2019.

[40] Tania Browne, *Destroying the Last Samples of Smallpox Virus Could Prove Short-sighted*, „Guardian", 10.07.2014, theguardian.com, bit.ly/2VdvmpA, dostęp: 1.04.2019.

[41] D. M. Morens i in., *Predominant role of bacterial pneumonia as a cause of death in pandemic influenza: Implications for pandemic influenza preparedness*, „Journal of Infectious Diseases" 2008, vol. 198, No. 7, s. 962–970, doi: 10.1086/591708.

[42] Fatimah S. Dawood i in., *Estimated global mortality associated with the first 12 months of 2009 pandemic influenza A H1N1* virus circulation: A modelling study, „Lancet Infectious Diseases" 2012, vol. 12, No. 9, s. 687–695.

[43] *Influenza (Seasonal)*, World Health Organization, 6.11.2018, who.in, bit.ly/2UT344E, dostęp: 1.04.2019.

[44] *The 1918 Influenza Pandemic*, virus.stanford.edu, stanford.io/2USwpfI, dostęp: 1.04.2019.

[45] Sonia Shah, *The Fight against Infectious Diseases Is Still an Uphill Battle*, „Science News", 14.12.2016, sciencenews.org, bit.ly/3aYRCKC, dostęp: 1.04.2019.

[46] Kate E. Jones i in., *Global Trends in Emerging Infectious Disease*, „Nature" 2008, No. 451, s. 990–994.

[47] *Global Rise in Human Infectious Disease Outbreaks*, „Journal of the Royal Society", 6.12.2014, royalsocietypublishing.org, bit.ly/39SjCOn, dostęp: 1.04.2019.

[48] Max Roser, Esteban Ortiz-Ospina, *World Population Growth*, Our World in Data, 9.05.2013, our-worldindata.org, bit.ly/3e9IC75, dostęp: 1.04.2019.

[49] Mia Armstrong, *How Ready Are We for the Next Pandemic?*, „Slate", 23.10.2018, slate.com, bit.ly/3b7A2DW, dostęp: 1.04.2019.

[50] Carly Cassella, *A Lot More People Are Already Dying from Superbugs Than You Realize*, Science-Alert, sciencealert.com, bit.ly/34mf9m9, dostęp: 1.04.2019.

[51] Robin McKie, *"Antibiotic Apocalypse": Doctors Sound Alarm over Drug Resistance*, „Guardian", 8.10.2017, theguardian.com, bit.ly/2VgQpYe, dostęp: 1.04.2019.

[52] Bryan Walsh, *The World Is Not Ready for the Next Pandemic*, „Time", 4.05.2017, time.com, bit.ly/2Xnmnok, dostęp: 1.04.2019.

[53] *World Bank Group Launches Groundbreaking Financing Facility to Protect Poorest Countries Against Pandemics*, World Bank, worldbank.org, bit.ly/3bdKn0l, dostęp: 1.04.2019.

[54] Rachel Nuwer, *Future – What If a Deadly Influenza Pandemic Broke Out Today?*, BBC, 22.11.2018, bbc.com, bbc.in/2Xkb40g, dostęp: 1.04.2019.

[55] Kate Wheeling, *Are Anti-vaxxers a Major Health Threat? The World Health Organization Says Yes*, Pacific Standard, 16.01.2019, psmag.com, bit.ly/2VdgUOl, dostęp: 1.04.2019.

[56] Andy Coghlan, *Africa's Road-Building Frenzy Will Transform Continent*, „New Scientist", 8.01.2014, newscientist.com, bit.ly/3aRKEH4, dostęp: 1.04.2019.

[57] *Going Viral*, Global Risks 2019, reports.weforum.org, bit.ly/2Xia6BI, dostęp: 1.04.2019.

[58] Bryan Walsh, *Virus Hunter*, „Time", 7.11.2011, content.time.com, bit.ly/2Rp2hqc, dostęp: 1.04.2019.

[59] Margaret Chan, *Ebola Virus Disease in West Africa – No Early End to the Outbreak*, „New England Journal of Medicine" 2014, vol. 371, No. 13, s. 1183–1185, doi:10.1056/nejmp1409859.

[60] Informacja dla prasy, *Centers for Disease Control and Prevention*, 8.06.2009, cdc.gov, bit.ly/2RsLHWm, dostęp: 1.04.2019.

[61] Julia Belluz, *This Is What Keeps Tom Frieden, the CDC Director, Up at Night*, „Vox", 17.01.2017, vox.com, bit.ly/2UVZFSA, dostęp: 1.04.2019.

[62] *WHO Declares End of Ebola Outbreak in Nigeria*, World Health Organization, 21.10.2014, who.int, bit.ly/2Xps0lT.

[63] Diane Dewar, *The US Health Economy Is Big, but Is It Better?*, „Conversation", 4.03.2019, theconversation.com, bit.ly/2UV9P5Y.

[64] Ed Yong, *The Next Plague Is Coming: Is America Ready?*, „Atlantic", 25.07.2018, theatlantic.com, bit.ly/2Rqd17J.

[65] Lena H. Sun, *CDC to Cut by 80 Percent Efforts to Prevent Global Disease Outbreak*, „Washington Post", 1.02.2018, washingtonpost.com, wapo.st/3c8VmcA.

[66] Lauren Weber, *Sudden Departure of White House Global Health Security Head Has Experts Worried*, „Huffington Post", 10.05.2018, huffingtonpost.com, bit.ly/2UW3lnx.

[67] George W. Bush, *George W: Bush: PEPFAR Saves Millions of Lives in Africa: Keep It Fully Funded*, „Washington Post", 7.04.2017, washingtonpost.com, wapo.st/3c5r3U2.

[68] Lenny Bernstein, *Trump Wanted to Keep Americans Critically Ill with Ebola out of the U:S:*, „Washington Post", 24.08.2016, washingtonpost.com, wapo.st/2RuhYwh, dostęp: 1.04.2019.

[69] Donald J. Trump, *Ebola Is Much Easier to Transmit than the CDC and Government Representatives Are Admitting: Spreading All over Africa-and Fast: Stop Flights*, Twitter, 2.10.2014, twitter.com, bit.ly/34oBDTo, dostęp: 1.04.2019.

[70] Sheila Kaplan, *Dr: Brenda Fitzgerald, C:D:C: Director, Resigns Over Tobacco and Other Investments*, „New York Times", 31.01.2018, nytimes.com, nyti.ms/3e4mbAi, dostęp: 1.04.2019.

[71] Dan Diamond, *Price Resigns from HHS after Facing Fire for Travel*, „Politico", 30.09.2017, politico.com, politi.co/2JSObsG, dostęp: 1.04.2019.

[72] Laignee Barron, *The EPA's Website After a Year of Climate Change Censorship*, „Time", 1.03.2018, time.com, bit.ly/2JRzRAQ, dostęp: 1.04.2019.

[73] Michael Osterholm, *Deadliest Enemy*, New York: Little, Brown, 2017.

[74] Tamże.

[75] Dimitrios Gouglas i in., *Estimating the Cost of Vaccine Development against Epidemic Infectious Diseases: A Cost Minimisation Study*, „Lancet Global Health" 2018, vol. 6, No. 12, doi:10.1016/s2214-109x(18)30346-2.

[76] *Ebola (Ebola Virus Disease)*, Centers for Disease Control and Prevention, 8.03.2019, cdc.gov, bit.ly/2RqcD8Y, dostęp: 1.04.2019.

[77] Centers for Disease Control and Prevention, cdc.gov, bit.ly/2RvbugG, dostęp: 1.04.2019.

[78] *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)*, Centers for Disease Control and Prevention, 15.02.2018, cdc.gov, bit.ly/2Xpg4Rf, dostęp: 1.04.2019.

[79] Mackenzie Bean, *CDC: 2017–18 Flu Season Had "Record-Breaking" Hospitalization Rates*, „Becker's Hospital Review", beckershospitalreview.com, bit.ly/3eaLqRB, dostęp: 1.04.2019.

[80] *How the Flu Virus Can Change: "Drift" and "Shift"*, Centers for Disease Control and Prevention, 27.09.2017, cdc.gov, bit.ly/34szuGr, dostęp: 1.04.2019.

[81] *Report to the President on Reengineering the Influenza Vaccine Production Enterprise to Meet the Challenges of Pandemic Influenza*, President's Council of Advisors on Science and Technology, Washington, DC, sierpień 2010.

[82] Bryan Walsh, *The World Is Not Ready for the Next Pandemic*, „Time", 4.05.2017, time.com, bit.ly/2Xnmnok, dostęp: 1.04.2019.

[83] Jon Cohen, *Universal Flu Vaccine Remains "an Alchemist's Dream"*, „Science", 3.12.2018, sciencemag.org, bit.ly/2JWgnv2, dostęp: 1.04.2019.

[84] Bryan Walsh, *Universal Flu Vaccine: A Miracle Within Trump's Reach*, Bloomberg.com, 10.03.2017, bloomberg.com, bloom.bg/3cc9zpb, dostęp: 1.04.2019.

[85] Lisa Schnirring, *WHO Declares Ebola a Public Health Emergency*, CIDRAP, 8.08.2014, cidrap.umn.edu, bit.ly/2SGJQ0I, dostęp: 1.04.2019.

[86] *Ebola Virus Disease Democratic Republic of Congo: External Situation Report 34*, World Health Organization, Geneva, 26.03.2019.

[87] Michael Osterholm, *Deadliest Enemy*, dz. cyt.

[88] Shruti Ravindran, *Why the Rest of the World Doesn't Suffer from Leprosy like India Does*, Quartz India, 18.02.2015, qz.com, bit.ly/2xlLflL, dostęp: 1.04.2019.

[89] Bill Gates, *Transcript of "The Next Outbreak? We're Not Ready"*, TED, ted.com, bit.ly/2XwYQBk, dostęp: 1.04.2019.

[90] Marc Lipsitch (Harvard Medical School), w rozmowie z autorem, maj 2018.

6. Biotechnologia. Morderca na wymiar

[1] Szczegóły na temat kladu X: Julia Cizek, *Clade X, a Tabletop Exercise Hosted by the Center for Health Security*, Johns Hopkins Center for Health Security, 7.01.2019, centerforhealthsecurity.org, bit.ly/2RsGBJP, dostęp: 1.04.2019.

[2] Kevin Loria, *Bill and Melinda Gates Think a Weaponized Disease May Be the Biggest Threat to Humanity – Here's How Worried You Should Be*, „Business Insider", 12.03.2018, businessinsider.com, bit.ly/2K8oRPv, dostęp: 1.04.2019.

[3] *Biodefense in the Age of Synthetic Biology*, Washington, DC: National Academies Press, 2018.

[4] Stefan Riedel, *Biological Warfare and Bioterrorism: A Historical Review*, „Proceedings", Baylor University Medical Center, październik 2004, ncbi.nlm.nih.gov, bit.ly/2K2CnEv, dostęp: 1.04.2019.

[5] Nicholas Kristof, *Unmasking Horror – A Special Report: Japan Confronting Gruesome War Atrocity*, „New York Times", 17.03.1995, nytimes.com, nyti.ms/3a8Hb5P, dostęp: 1.04.2019.

[6] Helen Thompson, *In 1950, the U:S: Released a Bioweapon in San Francisco*, Smithsonian.com, 6.07.2015, smithsonianmag.com, bit.ly/2V5lTSb, dostęp: 1.04.2019.

[7] Milton Leitenberg, Jens H. Kuhn, Raymond A. Zilinskas, *The Soviet Biological Weapons Program: A History*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 2012.

[8] Michelle Rozo, Gigi Kwik Gronvall, *The Reemergent 1977 H1N1 Strain and the Gain-of-function Debate*, „MBio" 2015, vol. 6, No. 4, doi:10.1128/mbio.01013-15.

[9] *Statement on Chemical and Biological Defense Policies and Programs*, American Presidency Project, 25.11.1969, presidency.ucsb.edu, bit.ly/3ejHj5W, dostęp: 1.04.2019.

[10] Piers Millett, Andrew Snyder-Beattie, *Existential Risk and Cost-effective Biosecurity*, „Health Security" 2017, vol. 15, No. 4, s. 373–383, doi:10.1089/hs.2017.0028.

[11] *Summary*, U. S. Bureau of Labor Statistics, 13.04.2018, bls.gov, bit.ly/2K4kRje, dostęp: 1.04.2019; *17-2161 Nuclear Engineers*, U. S. Bureau of Labor Statistics, 29.03.2019, bls.gov, bit.ly/3a5X5Og, dostęp: 1.04.2019.

[12] National Research Council, *Biotechnology Research in an Age of Terrorism*, Washington, DC: National Academies Press, 2004, doi.org, bit.ly/3cjHaO6.

[13] *Leo Szilard's Fight to Stop the Bomb*, Atomic Heritage Foundation, 15.07.2016, atomicheritage.org, bit.ly/2V7Q0s8, dostęp: 1.04.2019.

[14] *Smallpox*, National Institute of Allergy and Infectious Diseases, 27.03.2019, niaid.nih.gov, bit.ly/2K2c69t, dostęp: 1.04.2019.

[15] Center for Biosecurity, *Dark Winter*, Johns Hopkins Center for Health Security, 22.06.2018, centerforhealthsecurity.org, bit.ly/2xjqIi1, dostęp: 1.04.2019.

[16] Antonio Regalado, *See What's Behind One Man's Proposal to Recode Life as We Know It*, „MIT Technology Review", 2.06.2016, technologyreview.com, bit.ly/2K1UhXV, dostęp: 1.04.2019.

[17] Reference Links for Key Numbers in Biology, bionumbers.hms.harvard.edu, bit.ly/3fs1YF9, dostęp: 1.04.2019.

[18] *Blue Whale*, „National Geographic", 21.09.2018, nationalgeographic.com, on.natgeo.com/2K4NgFS, dostęp: 1.04.2019.

[19] James M. Heather, Benjamin Chain, *The Sequence of Sequencers: The History of Sequencing DNA*, „Genomics" 2016, vol. 107, No. 1, s. 1–8, doi:10.1016/j.ygeno.2015.11.003.

[20] *Human Genome Project Completion: Frequently Asked Questions*, National Human Genome Research Institute (NHGRI), genome.gov, bit.ly/2K0tgnK, dostęp: 1.04.2019.

[21] Andrew Pollack, *Scientists Announce HGP-write, Project to Synthesize the Human Genome*, „New York Times", 2.06.2016, nytimes.com, nyti.ms/34BwJTq, dostęp: 1.04.2019.

[22] Kai Kupferschmidt, *How Canadian Researchers Reconstituted an Extinct Poxvirus for $100,000 Using Mail-order DNA*, „Science", 8.12.2017, sciencemag.org, bit.ly/2V7OCpv, dostęp: 1.04.2019.

[23] Ryan S. Noyce, Seth Lederman, David H. Evans, *Construction of an Infectious Horsepox Virus Vaccine from Chemically Synthesized DNA Fragments*, „Plos One" 2018, vol. 13, No. 1, doi:10.1371/journal.pone.0188453.

[24] Nell Greenfieldboyce, *Did Pox Virus Research Put Potential Profits Ahead of Public Safety?*, NPR, 17.02.2018, npr.org, n.pr/2VFlMw3, dostęp: 1.04.2019.

[25] Kai Kupferschmidt, *How Canadian Researchers Reconstituted an Extinct Poxvirus*…, dz. cyt.

[26] Nick Bostrom, *Information Hazards: A Typology of Potential Harms from Knowledge*, „Review of Contemporary Philosophy" 2012, vol. 10, No. 44.

[27] Joshua Gans, *"Information Wants to Be Free": The History of That Quote*, Digitopoly, 25.10.2015, digitopoly.org, bit.ly/3ekr20A, dostęp: 1.04.2019.

[28] Nick Bostrom, T. Douglas, Anders Sandberg, *The Unilateralist's Curse and the Case for a Principle of Conformity*, „Social Epistemology" 2016, vol. 30, No. 4, s. 350–371, doi:10.1080/02691728.2015.1108373.

[29] Gregory Lewis, *Horsepox Synthesis: A Case of the Unilateralist's Curse?*, „Bulletin of the Atomic Scientists", 28.06.2018, thebulletin.org, bit.ly/3a6qkke, dostęp: 1.04.2019.

[30] Richard Rhodes, *Jak powstała bomba atomowa*, przeł. Piotr Amsterdamski,Warszawa: Prószyński i S-ka, 2000, s. 9.

[31] Owen Dyer, *Scientists Call for Moratorium on Editing Heritable Genes*, „British Medical Journal" 2019, L1256, doi:10.1136/bmj.l1256.

[32] Alison Young, *Hundreds of Bioterror Lab Mishaps Cloaked in Secrecy*, „USA Today", 17.08.2014, usatoday.com, bit.ly/2xkXqj0, dostęp: 1.04.2019.

[33] Sabrina Tavernise, Donald G. McNeil, *C:D:C: Details Anthrax Scare for Scientists at Facilities*, „New York Times", 19.06.2014, nytimes.com, nyti.ms/3ci8gVw, dostęp: 1.04.2019.

[34] Ai Ee Ling, *Editorial on Laboratory-acquired Incidents in Taipei, Taiwan and Singapore Following the Outbreak of SARS Coronavirus*, „Applied Biosafety" 2007, vol. 12, No. 1, s. 17, doi:10.1177/153567600701200103.

[35] Richard D. Henkel, Thomas Miller, Robbin S. Weyant, *Monitoring Select Agent Theft, Loss and Release Reports in the United States – 2004–2010*, „Applied Biosafety" 2012, vol. 17, No. 4, s. 171–180, doi:10.1177/153567601201700402.

[36] *Cumulative Number of Confirmed Human Cases of Avian Influenza A (H5N1) Reported to WHO*, World Health Organization, 25.02.2019, who.int, bit.ly/34LdA1r, dostęp: 1.04.2019.

[37] Marc Lipsitch, Thomas V. Inglesby, *Moratorium on Research Intended to Create Novel Potential Pandemic Pathogens*, „MBio" 2014, vol. 5, No. 6, doi:10.1128/mbio.02366-14.

[38] Tamże.

[39] E. J. Benjamin i in., *Heart Disease and Stroke Statistics: 2017 Update*, American College of Cardiology, acc.org, bit.ly/3abGRDk, dostęp: 1.04.2019.

[40] Lenny Bernstein, *U:S: Lifts Research Moratorium on Enhancing Germs' Danger*, „Washington Post", 19.12.2017, washingtonpost.com, wapo.st/2xwmkMm, dostęp: 1.04.2019.

[41] Jocelyn Kaiser, *NIH Lifts 3-Year Ban on Funding Risky Virus Studies*, „Science", 19.12.2017, sciencemag.org, bit.ly/3beBF36, dostęp: 1.04.2019.

[42] Jocelyn Kaiser, *Exclusive: Controversial Experiments That Could Make Bird Flu More Risky Poised to Resume*, „Science", 11.02.2019, sciencemag.org, bit.ly/3ciCurK, dostęp: 1.04.2019.

[43] Marc Lipsitch, Tom Inglesby, *The U:S: Is Funding Dangerous Experiments It Doesn't Want You to Know about*, „Washington Post", 27.02.2019, washingtonpost.com, wapo.st/2xwx5OX, dostęp: 1.04.2019.

[44] National Science Foundation, National Center for Science and Engineering Statistics, Survey of Earned Doctorates.

[45] Zhu Liu, Yong Geng, *Is China Producing Too Many PhDs?*, „Nature" 2011, vol. 474, No. 7352, s. 450, doi:10.1038/474450b.

[46] Megan Molteni, *With Embryo Base Editing, China Gets Another Crispr First*, „Wired", 27.08.2018, wired.com/story, bit.ly/2wDS2Hj, dostęp: 1.04.2019.

[47] Caroline Perry, *Pig Organs for Human Patients: A Challenge Fit for CRISPR*, Wyss Institute, 30.05.2018, wyss.harvard.edu, bit.ly/34ANsWV, dostęp: 1.04.2019.

[48] *Gene-Therapy Trials Must Proceed with Caution*, „Nature" 2016, vol. 534, No. 7609, s. 590, doi:10.1038/534590a.

[49] Rob Stein, *Facing Backlash, Chinese Scientist Defends Gene-editing Research on Babies*, NPR, 28.11.2018, npr.org, n.pr/2K2XmXT, dostęp: 1.04.2019.

[50] Evgeny Morozov, *2012: What Is Your Favorite Deep, Elegant, or Beautiful Explanation?*, Edge.org, edge.org, bit.ly/3a7aUvT, dostęp: 1.04.2019.

[51] Monique Brouillette, *Would You Feel Sexy Wearing Eau de Extinction?*, „MIT Technology Review", 6.12.2016, technologyreview.com, bit.ly/2V7aWQ6, dostęp: 1.04.2019.

[52] Bayer AG Communications, *Bayer and Ginkgo Bioworks Unveil Joint Venture, Joyn Bio, and Establish Operations in Boston and West Sacramento*, Bayer News, media.bayer.com, bit.ly/2SGRTKY, dostęp: 1.04.2019.

[53] Rebecca Spalding, *The DNA Cops Who Make Sure the World's Deadliest Viruses Aren't Rebuilt*, Bloomberg.com, 27.06.2018, bloomberg.com, bloom.bg/34EJL29, dostęp: 1.04.2019.

[54] Tamże.

[55] Freeman Dyson, *Our Biotech Future*, „New York Review of Books", 19.07.2007, nybooks.com, bit.ly/2VpjmBq, dostęp: 1.04.2019.

[56] Nick Bostrom, Milan M. Ćirković, Martin J. Rees, *Global Catastrophic Risks*, wydanie Kindle, Oxford: Oxford University Press, 2018, s. 338, poz. 7282.

[57] David Bisson, *Global Cost of Cybercrime Exceeded $600 Billion in 2017, Report Estimates*, Security Intelligence, securityintelligence.com, ibm.co/3en2u6S, dostęp: 1.04.2019.

[58] John Lott, *This Marks the End of Gun Control*, Fox News, 20.07.2018, foxnews.com, fxn.ws/3b6w9zg, dostęp: 1.04.2019.

[59] Tiffany Hsu, *3-D Printed Gun Advocate Cody Wilson Quits Company He Founded*, „New York Times", 25.09.2018, nytimes.com, nyti.ms/2Vs6ydu, dostęp: 1.04.2019.

7. Sztuczna inteligencja. Wywoływanie demonów

[1] Chris Smith, *IPhone 7 vs. IPhone 7 Plus: Does 3GB of RAM Really Make a Difference?* BGR, 20 września 2016, bgr.com, bit.ly/35Cm8rz, dostęp 6.05.2020; *Apple IIe – All Computer Information and TechSpecs*, IGotOffer, 11 grudnia 2017, igotoffer.com, bit.ly/2SHTNuJ, dostęp: 6.05.2020.

[2] Naomi Eide, *After 50 Years of Intel, Moore's Law Is Alive and Well – Sort of*, CIO Dive, 18.05.2018, ciodive.com, bit.ly/3a6OICh, dostęp: 1.04.2019.

[3] Marc Andreessen, *Why Software Is Eating the World*, Andreessen Horowitz, 21.12.2018, a16z.com, bit.ly/2K3KEbe, dostęp: 1.04.2019.

[4] Cade Metz, *Inside the Poker AI That Out-bluffed the Best Humans*, „Wired", 2.02.2018, wired.com, bit.ly/3citYc8, dostęp: 1.04.2019; Joel Lehman i in., *The Surprising Creativity of Digital Evolution*, 2018 Conference on Artificial Life, 2018, doi:10.1162/isal_a_00016.

[5] Ian Tattersall, *Homo Sapiens*, Encyclopaedia Britannica, 11.01.2019, britannica.com, bit.ly/3clnPMl, dostęp: 1.04.2019.

[6] David Z. Morris, *Elon Musk: Artificial Intelligence Is the "Greatest Risk We Face as a Civilization"*, „Fortune", fortune.com, bit.ly/2z31Awm, dostęp: 1.04.2019.

[7] Matt McFarland, *„Elon Musk: "With Artificial Intelligence We Are Summoning the Demon"*, „Washington Post", 24.10.2014, washingtonpost.com, wapo.st/2yd4eiL, dostęp: 1.04.2019.

[8] Rory Cellan-Jones, *Stephen Hawking Warns Artificial Intelligence Could End Mankind*, BBC News, 2.12.2014, bbc.com, bbc.in/3eknYl7, dostęp: 1.04.2019.

[9] Huw Price, *Cambridge, Cabs and Copenhagen: My Route to Existential Risk*, „New York Times", 27.01.2013, opinionator.blogs.nytimes.com, nyti.ms/2K9fYFD, dostęp: 1.04.2019.

[10] Owen Cotton-Barratt, Toby Ord, *Existential Risk and Existential Hope: Definitions*, Future of Humanity Institute – Technical Report #2015-1.

[11] Tamże.

[12] Catherine Clifford, *Google CEO: A:I: Is More Important than Fire or Electricity*, CNBC, 1.02.2018, cnbc.com, cnb.cx/2K6gCn9, dostęp: 1.04.2019.

[13] Cade Metz, *Tech Giants Are Paying Huge Salaries for Scarce A:I: Talent*, „New York Times", 7.08.2018, nytimes.com, nyti.ms/3a8dfGP, dostęp: 1.04.2019.

[14] *Introducing Google AI*, blog Google AI, 7.05.2018, ai.googleblog.com, bit.ly/3chKjha, dostęp: 1.04.2019.

[15] Max de Haldevang, *Stephen Hawking Left Us Bold Predictions on AI, Superhumans, and Aliens*, Quartz, 15.10.2018, qz.com, bit.ly/2wDcQyu, dostęp: 1.04.2019; Stephen Hawking, *Krótkie odpo-*

wiedzi na wielkie pytania, przeł. Marek Krośniak, Poznań: Wydawnictwo Zysk i S-ka, 2018, s. 217.

[16] John McCarthy i in., *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955*, „AI Magazine", 15.12.2006, aaai.org, bit.ly/2z0zxNX, dostęp: 1.04.2019.

[17] Yongdong Wang, *Your Next New Best Friend Might Be a Robot – Issue 52: The Hive*, „Nautilus", 14.09.2017, nautil.us, bit.ly/3aeBkfg, dostęp: 1.04.2019.

[18] Alan M. Turing, *Intelligent Machinery, a Heretical Theory*, „Philosophia Mathematica" 1996, vol. 4, No. 3, s. 256–260, doi:10.1093/philmat/4.3.256.

[19] Roland Pease, *Alan Turing: Inquest's Suicide Verdict "Not Supportable"*, BBC News, 26.06.2012, bbc.com, bbc.in/2VuyehT, dostęp: 1.04.2019.

[20] Irving John Good, *Speculations Concerning the First Ultraintelligent Machine*, „Advances in Computers" 1966, No. 6, s. 31–88, doi:10.1016/s0065-2458(08)60418-0.

[21] Glenn Elert, *Volume of a Human Brain*, Physics Factbook, hypertextbook.com, bit.ly/34F4bZ5, dostęp: 1.04.2019.

[22] James Barrat, *Our Final Invention: Artificial Intelligence and the End of the Human Era*, New York: Thomas Dunne Books, 2015.

[23] Kasey Panetta, *5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018*, Smarter with Gartner, 16.08.2018, gartner.com, gtnr.it/2V9zKa5, dostęp: 1.04.2019.

[24] Kevin Kelly, *The Three Breakthroughs That Have Finally Unleashed AI on the World*, „Wired", 22.06.2018, wired.com, bit.ly/3b6IUtH, dostęp: 1.04.2019.

[25] Daniel Oberhaus, *How Garry Kasparov Learned to Stop Worrying and Love AI*, Motherboard, 2.08.2017, motherboard.vice.com, bit.ly/3a4zpde, dostęp: 1.04.2019.

[26] Jennifer Kahn, *It's Alive!*, „Wired", marzec 2002, wired.com, bit.ly/3b6JGa5, dostęp: 1.04.2019.

[27] Hunter Schwarz, *23 Oddly Specific Netflix Categories That Only Have One Show You Can Watch*, „BuzzFeed", 11.01.2014, buzzfeed.com, bzfd.it/2RBTlgX, dostęp: 1.04.2019.

[28] Michelle Castillo, *Netflix Takes Up 8 Percent of the Time Spent Watching Video, but the Company Wants to Change That*, CNBC, 17.07.2018, cnbc.com, cnb.cx/2K3rFxs, dostęp: 1.04.2019.

[29] Płyty CD-ROM mogły pomieścić 682 megabajty danych, czyli 682 miliony bajtów; *CD-ROM / DVD*, interdatarecovery.com, bit.ly/3aaNsOr, dostęp: 1.04.2019.

[30] Richard Harris, *More Data Will Be Created in 2017 than the Previous 5,000 Years of Humanity*, „App Developer Magazine", 23.12.2016, appdevelopermagazine.com, bit.ly/3bdBJ2K, dostęp: 1.04.2019.

[31] Alexis C. Madrigal, *How Netflix Reverse-Engineered Hollywood*, „Atlantic", 2.01.2014, theatlantic.com, bit.ly/3elAJM1, dostęp: 1.04.2019.

[32] Max Tegmark, *Life 3:0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence*, wydanie Kindle, London: Penguin, 2018, poz. 1541.

[33] David Silver i in., *Mastering the Game of Go without Human Knowledge*, „Nature" 2017, vol. 550, No. 7676, s. 354–359, doi:10.1038/nature24270.

[34] *AlphaZero: Shedding New Light on the Grand Games of Chess, Shogi and Go*, DeepMind, deepmind.com, bit.ly/2VASuyv, dostęp: 1.04.2019.

[35] Satinder Singh, Andy Okun, Andrew Jackson, *Learning to Play Go from Scratch*, „Nature" 2017, vol. 550, No. 7676, s. 336, 337, doi:10.1038/550336a.

[36] Michael Shinzaki, *A New Poker A:I: Eviscerated Its Human Competition, and It's a Beautiful Thing*, „Slate", 1.02.2017, slate.com, bit.ly/3csTPhL, dostęp: 1.04.2019.

[37] James Maynard, *CMU AI Claudico Is Good at Poker but Not Good Enough for World's Best Human Players*, „Tech Times", 10.05.2015, techtimes.com, bit.ly/2Vw1HIq, dostęp: 1.04.2019.

[38] James Vincent, *„DeepMind's AI Agents Conquer Human Pros at StarCraft II*, „Verge", 24.01.2019, theverge.com, bit.ly/2XCTJj8, dostęp: 1.04.2019.

[39] Timothy Revell, *AI Will Be Able to Beat Us at Everything by 2060, Say Experts*, „New Scientist", 31.05.2017, newscientist.com, bit.ly/2XH9JR9, dostęp: 1.04.2019.

[40] *100 Years Ago, Some People Were REALLY Hostile to the Introduction of the Automobile*, DangerousMinds, 11.05.2015, dangerousminds.net, bit.ly/3cmzV7N, dostęp: 1.04.2019.

[41] Adrienne LaFrance, *When the Telephone Was Dangerous*, „Atlantic", 6.09.2015, theatlantic.com, bit.ly/2VvHliw, dostęp: 1.04.2019.

[42] Rachel Layne, *AI May Be One Reason Some Wages Are Sinking*, CBS 42, 8.01.2018, cbsnews.com, cbns.ws/2Vb9Nan, dostęp: 1.04.2019.

[43] *Jobs Lost, Jobs Gained: What the Future of Work Will Mean for Jobs, Skills, and Wages*, McKinsey & Company, mckinsey.com, mck.co/2yeVoAV, dostęp: 1.04.2019.

[44] Alan Berube, *City and Metropolitan Income Inequality Data Reveal Ups and Downs Through 2016*, Brookings, 28.03.2018, brookings.edu, brook.gs/34DLyEK, dostęp: 1.04.2019.

[45] Lisa Fu, Stacy Jones, *Tech Giants Bring In More Revenue but Fewer Workers*, „Fortune", 22.06.2017, fortune.com, bit.ly/3cl5S0m, dostęp: 1.04.2019.

[46] Doug Menuez, *Enthusiasts and Skeptics Debate Artificial Intelligence*, Hive, 30.01.2015, vanityfair.com, bit.ly/2VbcUz5, dostęp: 1.04.2019.

[47] Mihai Diaconeasa, *Proceedings of the First International Colloquium on Catastrophic and Existential Risk*, B. John Garrick Institute for the Risk Sciences, 31.12.2017, risksciences.ucla.edu, bit.ly/2XGmBqM, dostęp: 1.04.2019.

[48] *Keep Killer Robots Science Fiction*, Ban Lethal Autonomous Weapons, 26.03.2019, autonomousweapons.org, bit.ly/2VwoBiN, dostęp: 1.04.2019.

[49] Michaela Ross, Zachary Sherwood, *News & Reports*, Bloomberg GOV, about.bgov.com, bit.ly/2K8EOpd, dostęp: 1.04.2019.

[50] List otwarty pracowników Google'a, *We Work for Google: It Shouldn't Be in the Business of War*, „Guardian", 5.04.2018, theguardian.com, bit.ly/2yhtZ1e, dostęp: 1.04.2019.

[51] Sundar Pichai, *AI at Google: Our Principles*, Google, 7.06.2018, blog.google, bit.ly/2wJVqjZ, dostęp: 1.04.2019.

[52] *An Open Letter to the United Nations Convention on Certain Conventional Weapons*, Future of Life Institute, futureoflife.org, bit.ly/34R0nnP, dostęp: 1.04.2019.

[53] Aaron Gregg, *Microsoft, Amazon Pledge to Work with Pentagon Following Anonymous Online Rebukes*, „Washington Post", 26.10.2018, washingtonpost, wapo.st/2KfjZYV, dostęp: 1.04.2019.

[54] Oriana Pawlyk, *China Leaving US Behind on Artificial Intelligence: Air Force General*, Military.com, 30.07.2018, military.com, bit.ly/2KaYfxq, dostęp: 1.04.2019.

[55] *Facial and Emotional Recognition: How One Man Is Advancing Artificial Intelligence*, CBS News, 13.01.2019, cbsnews.com, cbsn.ws/3adoVYX, dostęp: 1.04.2019.

[56] *The State of Artificial Intelligence in China*, Nanalyze, 6.02.2019, nanalyze.com, bit.ly/2KbWFLH, dostęp: 1.04.2019.

[57] Peter J. Brown, *Can Blockchain Power a Cashless World?*, „Asia Times", 15.02.2019, asiatimes.com, bit.ly/2K8xmdx, dostęp: 1.04.2019.

[58] Nicholas Thompson, Ian Bremmer, *The AI Cold War That Threatens Us All*, „Wired", 19.11.2018, wired.com, bit.ly/3bhtrqW, dostęp: 1.04.2019.

[59] Mara Hvistendahl, *In China, a Three-digit Score Could Dictate Your Place in Society*, „Wired", 5.12.2018, wired.com, bit.ly/2ymIH6Z, dostęp: 1.04.2019.

[60] Tom Simonite, *George Soros Attacks China's AI Push as "Mortal Danger"*, „Wired", 25.01.2019, wired.com, bit.ly/2XDC4YD, dostęp: 1.04.2019.

[61] *The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention, Mitigation*, Future of Humanity Institute i in., luty 2018.

[62] Pete Pachal, *Google Photos Identified Two Black People as "Gorillas"*, Mashable, 1.07.2015, mashable.com, bit.ly/2VwDVMd, dostęp: 1.04.2019.

[63] *Whoops, Alexa Plays Porn Instead of a Kids Song!*, „Entrepreneur", 3.01.2017, entrepreneur.com, bit.ly/2Vwcna0, dostęp: 1.04.2019.

[64] James Vincent, *Twitter Taught Microsoft's Friendly AI Chatbot to Be a Racist Asshole in Less than a Day*, „Verge", 24.03.2016, theverge.com, bit.ly/2KdIlCk, dostęp: 1.04.2019.

[65] *Why Uber's Self-driving Car Killed a Pedestrian*, „Economist", 29.05.2018, economist.com, econ.st/3erpyS9, dostęp: 1.04.2019.

[66] Johana Bhuiyan, *Elon Musk Says Tesla Crashes Shouldn't Be Front-page News Because There Are More Human-briven Fatalities: That's Not an Accurate Comparison*, Recode, 17.05.2018, recode.net, bit.ly/3cogrQh, dostęp: 1.04.2019.

[67] *U:S: DOT Announces 2017 Roadway Fatalities Down*, NHTSA, 4.10.2018, nhtsa.gov, bit.ly/2z7ipX1, dostęp: 1.04.2019.

[68] Casey Ross, Ike Swetlitz, *IBM's Watson Recommended "Unsafe and Incorrect' Cancer Treatments"*, „STAT", 30.07.2018, statnews.com, bit.ly/2K73PAY, dostęp: 1.04.2019.

[69] John Naughton, *Magical Thinking about Machine Learning Won't Bring the Reality of AI Any Closer*, „Guardian", 5.08.2018, theguardian.com, bit.ly/2z6194o, dostęp: 1.04.2019.

[70] Mattha Busby, *"Killer Robots" Ban Blocked by US and Russia at UN Meeting*, „Independent", 3.09.2018, independent.co.uk, bit.ly/3bg2X9d, dostęp: 1.04.2019.

[71] *DeepMind Ethics & Society*, DeepMind, deepmind.com, bit.ly/3acP0HQ, dostęp: 1.04.2019.

[72] *A Principled AI Discussion in Asilomar*, Future of Life Institute, 5.06.2018, futureoflife.org, bit.ly/3cmKMyB, dostęp: 1.04.2019.

[73] Jeremy Kahn, *Facebook Endows AI Ethics Institute at German University TUM*, Bloomberg.com, 20.01.2019, bloomberg.com, bloom.bg/34GPLrc, dostęp: 1.04.2019.

[74] *Changes in Funding in the AI Safety Field*, Centre for Effective Altruism, 9.03.2017, centreforeffectivealtruism.org, bit.ly/3abL8qw, dostęp: 1.04.2019.

[75] *AlphaZero: Shedding New Light on the Grand Games of Chess, Shogi and Go*, DeepMind, 6.12.2018, deepmind.com, bit.ly/2VASuyv, dostęp: 1.04.2019.

[76] Nick Bostrom, *Superinteligencja. Scenariusze, strategie, zagrożenia*, przeł. Dorota Konowrocka-Sawa, Gliwice: Helion, 2016, s. 375.

[77] Nate Soares, *Ensuring Smarter-than-human Intelligence Has a Positive Outcome*, Future of Life Institute, 18.04.2017, futureoflife.org, bit.ly/2KeBU1Y, dostęp: 1.04.2019.

[78] Mark Harris, *Inside the First Church of Artificial Intelligence*, „Wired", 2.02.2018, wired.com, bit.ly/3exF2Em, dostęp: 1.04.2019.

[79] Christianna Reedy, *Kurzweil Claims That the Singularity Will Happen by 2045*, Futurism, 16.10.2017, futurism.com, bit.ly/2VCMFAu, dostęp: 1.04.2019.

[80] Dom Galeon, *Softbank CEO: The Singularity Will Happen by 2047*, Futurism, 2.03.2017, futurism.com, bit.ly/3epT8Ya, dostęp: 1.04.2019.

[81] Caleb Garling, *Andrew Ng: Why "Deep Learning" Is a Mandate for Humans, Not Just Machines*, „Wired", 25.08.2015, wired.com, bit.ly/3ae3iYI, dostęp: 1.04.2019.

[82] Nick Bostrom, *Superinteligencja*, dz. cyt., s. 96–101*:*

[83] John G. Jenkin, *Atomic Energy Is "Moonshine": What Did Rutherford* Really *Mean?*, „Physics in Perspective" 2011, s. 128, doi.org, bit.ly/3cuBeSp.

[84] *The Artificial Intelligence Revolution: Part 2*, Wait But Why, 20.12.2017, waitbutwhy.com, bit.ly/2XG7f5A, dostęp: 1.04.2019.

[85] Stephen Hawking, *Stephen Hawking: "Are We Taking Artificial Intelligence Seriously"*, „Independent", 23.10.2017, independent.co.uk, bit.ly/2wLfzpI, dostęp: 1.04.2019.

[86] Nick Bostrom, *Transcript of "What Happens When Our Computers Get Smarter than We Are?"*, TED, ted.com, bit.ly/3biEzDL, dostęp: 1.04.2019.

[87] Nick Bostrom, *Superinteligencja*, dz. cyt., s. 180.

[88] Decisionproblem.com, decisionproblem.com, bit.ly/3esatja, dostęp: 1.04.2019.

[89] Victoria Krakovna, *Specification Gaming Examples in AI*, 5.06.2018, vkrakovna.wordpress.com, bit.ly/2zbD8Jn, dostęp: 1.04.2019.

[90] Julian Benson, *Elite's AI Created Super Weapons and Started Hunting Players: Skynet Is Here*, Kotaku UK, 3.06.2016, kotaku.co.uk, bit.ly/3eudgbH, dostęp: 1.04.2019.

[91] Tegmark, Life 3.0.

[92] Tom Simonite, *AI Is the Future – but Where Are the Women?*, „Wired", 17.08.2018, wired.com, bit.ly/2yi53GV, dostęp: 1.04.2019.

[93] *Coherent Extrapolated Volition*, Lesswrongwiki, wiki.lesswrong.com, bit.ly/3cnchrZ, dostęp: 1.04.2019.

[94] Eliezer Yudkowsky, *Coherent Extrapolated Volition*, Singularity Institute, San Francisco, 2004.

[95] Eric Johnson, *Full Q&A: Y Combinator's Sam Altman and Recode's Kara Swisher Discuss Tech Ethics, Addiction and Facebook*, Recode, 10.12.2018, recode.net, bit.ly/3ctNyT0, dostęp: 1.04.2019.

8. Obcy. Gdzie są wszyscy?

[1] Jonathan B. Wiener, *The Tragedy of the Uncommons: On the Politics of Apocalypse*, „Global Policy" 2016, No. 7, s. 67–80, doi:10.1111/1758-5899.12319.

[2] Joel Achenbach, *NASA Estimates 1 Billion "Earths" in Our Galaxy Alone*, „Washington Post, 24.07.2015, washingtonpost.com, wapo.st/2XJZBr8, dostęp: 1.04.2019.

[3] Jason Davis, *Is There Anybody Out There?*, Planetary Society Blog, planetary.org, bit.ly/2RIpzYg, dostęp: 1.04.2019.

[4] *Jill Tarter Searches for Extraterrestrial Life*, TED, ted.com, bit.ly/2KbG22P, dostęp: 1.04.2019.

[5] Giuseppe Cocconi, Philip Morrison, *7: Searching for Interstellar Communications*, „A Source Book in Astronomy and Astrophysics, 1900–1975", doi:10.4159/harvard.9780674366688.c9.

[6] Elizabeth Howell, *Drake Equation: Estimating the Odds of Finding E:T:*, Space.com, 6.04.2018, space.com, bit.ly/2KdXXWQ, dostęp: 1.04.2019.

[7] Marina Koren, *Congress Is Quietly Nudging NASA to Look for Aliens*, „Atlantic", 9.05.2018, the-atlantic.com, bit.ly/2VEmCc3, dostęp: 1.04.2019.

[8] Paul Bignell, *42: The Answer to Life, the Universe and Everything*, „Independent", 26.03.2018, independent.co.uk, bit.ly/2z6NiL3, dostęp: 1.04.2019.

[9] Michele Johnson, *How Many Exoplanets Has Kepler Discovered?*, NASA, 9.04.2015, nasa.gov, go.nasa.gov/2xFw7Qi, dostęp: 1.04.2019.

[10] *Hunt for Other Worlds: 3,500 Exoplanets and Counting*, Christian Science Monitor, 8.08.2017, csmonitor.com, bit.ly/34ImiNK, dostęp: 1.04.2019.

[11] Eric Berger, *Number of Potentially Habitable Planets in Our Galaxy: Tens of Billions*, Ars Technica, 11.05.2016, arstechnica.com, bit.ly/34KBxWD, dostęp: 1.04.2019.

[12] Mike Wall, *Breakthrough Listen to Search 1 Million Stars for ET Signals Using South African Scopes*, Space.com, 2.10.2018, space.com, bit.ly/2Vh6xKA, dostęp: 1.04.2019.

[13] Jason Davis, *Is There Anybody Out There?*, Planetary Society Blog, planetary.org, bit.ly/2RIpzYg, dostęp: 1.04.2019.

[14] Andrew Siemion, dyrektor Breakthrough Listen, w rozmowie z autorem, kwiecień 2018.

[15] Nola Taylor Redd, *How Old Is the Universe?*, Space.com, 8.06.2017, space.com, bit.ly/3crNV0i, dostęp: 1.04.2019.

[16] *METI: Should We Be Shouting at the Cosmos?*, Science 2.0, 27 sierpnia 2014, science20.com, bit.ly/2YGTNyR, dostęp 1.04.2019.

[17] Genevieve Valentine, *An Awkward History of Our Space Transmissions*, Gizmodo, 18.06.2013, gizmodo.com, bit.ly/2RKXorw, dostęp: 1.04.2019.

[18] Tamże.

[19] Steven Johnson, *Greetings, E:T: (Please Don't Murder Us)*, „New York Times", 28.06.2017, nytimes.com, nyti.ms/2VA5e8C, dostęp: 1.04.2019.

[20] *Ambassador for Earth*, „Nature" 2006, vol. 443, No. 7112, s. 606, doi:10.1038/443606a.

[21] Dan Falk, *It Could Be a Really Bad Idea for Us to Contact Aliens*, „Slate", 29.03.2015, slate.com, bit.ly/2RKoMGc, dostęp: 1.04.2019.

[22] Michio Kaku, *Is There Intelligent Life in the Universe?*, Big Think, 6.10.2018, bigthink.com, bit.ly/3bfTDSA, dostęp: 1.04.2019.

[23] Seth Shostak, *Confessions of an Alien Hunter: A Scientist's Search for Extraterrestrial Intelligence*, wydanie Kindle, Washington, DC: National Geographic Society, 2009, poz. 210–213.

[24] Steven Johnson, *Greetings, E:T:…*, dz. cyt.

[25] Robert A. Freitas Jr., *Xenology: An Introduction to the Scientific Study of Extraterrestrial Life, Intelligence, and Civilization*, wyd. I, Sacramento, CA: Xenology Research Institute, 1979.

[26] Alexander Koch i in., *Earth System Impacts of the European Arrival and Great Dying in the Americas after 1492*, „Quaternary Science Reviews" 2019, No. 207, s. 13–36, doi:10.1016/j.quascirev.2018.12.004.

[27] Tamże.

[28] *Regarding Messaging to Extraterrestrial Intelligence (METI) / Active Searches for Extraterrestrial Intelligence (Active SETI)*, stampwoslp w sprawie METI/czynnego SETI, setiathome.berkeley.edu, bit.ly/3acmHJu, dostęp: 1.04.2019.

[29] Jared Diamond, *Trzeci szympans*, przeł. January Weiner, Kraków: Copernicus Center Press, 2019, s. 323, 324.

[30] *Ronald Reagan Speech About Alien Invasion*, 24.04.2010, https://www.youtube.com/watch?v=chVKSY2gT00, dostęp: 1.04.2019.

[31] Lee Speigel, *Could Earth Defend Itself from an ET Invasion?*, „Huffington Post", 7.12.2017, huffingtonpost.com, bit.ly/2wRBLi4, dostęp: 1.04.2019; tłum. za: *Centrum im. Timowa. Nie jesteśmy gotowi na inwazję kosmitów, nie zdołamy się przed nimi obronić…*, polskatimes.pl, bit.ly/2RJgrCw.

[32] *Project Blue Book – Unidentified Flying Objects*, National Archives and Records Administration, archives.gov, bit.ly/3ahDk6G, dostęp: 1.04.2019.

[33] Helene Cooper, Ralph Blumenthal, Leslie Kean, *Glowing Auras and "Black Money": The Pentagon's Mysterious U:F:O: Program*, „New York Times", 16.12.2017, nytimes.com, nyti.ms/2KbBTvX, dostęp: 1.04.2019.

[34] *Area 51*, *Encyclopaedia Britannica*, 7 stycznia 2019, britannica.com, bit.ly/3ahDbQv, dostęp: 1.04.2019.

[35] Eric Benson, *Harry Reid on What the Government Knows about UFOs*, Intelligencer, 21.03.2018, nymag.com, nym.ag/2Vyc1zy, dostęp: 1.04.2019.

[36] Herbert G. Wells, *Wojna światów*, przeł. Marya Wentz'l, Warszawa: Redakcya „Gazety Polskiej", 1899, s. 12.

[37] Nathan Nunn, Nancy Qian, *The Colombian Exchange: A History of Disease, Food and Ideas*, „Journal of Economic Perspectives" 2010, vol. 24, No. 2, s. 163–188.

[38] ArXiv:1802.02180 [astro-ph.IM].

[39] Glen David Brin, *The "Great Silence" The Controversy Concerning Extraterrestrial Intelligent Life*, „Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society" 1983, vol. 24, No. 3, s. 283–309.

[40] E. M. Fri Jones, *"Where Is Everybody": An Account of Fermi's Question*, doi:10.2172/5746675, osti.gov, bit.ly/2VgQ4WE.

[41] Robert H. Gray, *The Fermi Paradox Is Not Fermi's, and It Is Not a Paradox*, blog na stronie „Scientific American", 29.01.2016, blogs.scientificamerican.com, bit.ly/3afmAgl, dostęp: 1.04.2019.

[42] Robert Roy Britt, *Milky Way's Age Narrowed Down*, Space.com, 17.08.2004, space.com, bit.ly/3beORVv, dostęp: 1.04.2019.

[43] Tamże.

[44] *Astronomers Have Developed a Computer Model That Simulates How Difficult It Would Be for Aliens to Ignore Humanity*, „MIT Technology Review", 6.09.2016, technologyreview.com, bit.ly/34IVnBu, dostęp: 1.04.2019.

[45] *U:S: Energy Information Administration – EIA – Independent Statistics and Analysis*, History of Energy Consumption in the United States, 1775–2009, U. S. Energy Information Administration (EIA), eia.gov, bit.ly/2VBZE5r, dostęp: 1.04.2019.

[46] Anders Sandberg, Stuart Armstrong, Milan Ćirković, *That is not dead which can eternal lie: The aestivation hypothesis for resolving Fermi's paradox*, „JBIS. Journal of the British Interplanetary Society" 2017, No. 69.

[47] Seth Shostak, starszy astronom SETI, w rozmowie z autorem, kwiecień 2018.

[48] A. Wolszczan, D. A. Frail, *A Planetary System around the Millisecond Pulsar PSR1257 12*, „Nature" 1992, vol. 355, No. 6356, s. 145–147, doi:10.1038/355145a0.

[49] Phil Torres, Martin Rees, *Morality, Foresight, and Human Flourishing: An Introduction to Existential Risks*, wydanie Kindle, Durham, NC: Pitchstone, 2017, poz. 688.

[50] Stephanie Pappas, *What Was the First Life on Earth?*, LiveScience, 1.03.2017, livescience.com, bit.ly/3ewgiw6, dostęp: 1.04.2019.

[51] Mike Wall, *Curiosity Rover Finds Ancient "Building Blocks for Life" on Mars*, Space.com, 7.06.2018, space.com, bit.ly/3aiYNvN, dostęp: 1.04.2019.

[52] Dirk Schulze-Makuch, *Where to Look for Life on Titan*, „Air & Space", 19.06.2018, airspacemag.com, bit.ly/34S1eV5, dostęp: 1.04.2019.

[53] Ben K. D. Pearce i in., *Origin of the RNA World: The Fate of Nucleobases in Warm Little Ponds*, „Proceedings of the National Academy of Sciences" 2017, vol. 114, No. 43, s. 11327–11332, doi:10.1073/pnas.1710339114.

[54] Helen Macdonald, *Nathalie Cabrol Searches the Earth for the Secrets of Life on Mars*, „New York Times", 22.03.2018, nytimes.com, nyti.ms/3bkEakk, dostęp: 1.04.2019.

[55] *Astrobiology Strategy*, Washington, DC: NASA,, 2015.

[56] Seth Shostak, *Confessions of an Alien Hunter*, poz. 138.

[57] Nick Bostrom, *Where Are They?*, MIT Technology Review, 11.07.2015, technologyreview.com, bit.ly/2XKuT11, dostęp: 1.04.2019.

[58] Adam Stevens, Duncan Forgan, Jack O'Malley James, *Observational Signatures of Self-destructive Civilizations*, „International Journal of Astrobiology 2015, vol. 15, No. 4, s. 333–344, doi:10.1017/s1473550415000397.

[59] Adam Frank i in.. *The Anthropocene Generalized: Evolution of Exo-Civilizations and Their Planetary Feedback*, „Astrobiology" 2018, vol. 18, No. 5, s. 503–518, doi:10.1089/ast.2017.1671.

[60] Adam Frank, *How Do Aliens Solve Climate Change?*, „Atlantic", 30.05.2018, theatlantic.com, bit.ly/3csEj5d, dostęp: 1.04.2019.

[61] Joshua Cooper, *Bioterrorism and the Fermi Paradox*, „International Journal of Astrobiology" 2013, vol. 12, No. 02, s. 144–148, doi:10.1017/s1473550412 000511.

[62] Adam Stevens, Duncan Forgan, Jack O'Malley James, *Observational Signatures*…, dz. cyt.

9. Przetrwanie. Następny dzień

[1] Christophe Veltsos, *Practicing Your Crisis Response: Handling What Comes Right of Boom*, Security Intelligence, 8.02.2019, securityintelligence.com, ibm.co/2RPTxcD, dostęp: 1.04.2019.

[2] Evan Osnos, *Survival of the Richest*, „New Yorker", 16.11.2018, newyorker.com, bit.ly/2xEoUQw, dostęp: 1.04.2019.

[3] Olivia Carville, *The Super Rich of Silicon Valley Have a Doomsday Escape Plan*, Bloomberg.com, 5.09.2018, bloomberg.com, bloom.bg/3cAK7Kh, dostęp: 1.04.2019.

[4] Gordon Dickson, *Why Are Huge Numbers of Americans Preparing for Doomsday?*, MSN, 2.01.2018, msn.com, bit.ly/3almUdx, dostęp: 1.04.2019.

[5] Jakob Schiller, *What Doomsday Preppers Would Eat after the Apocalypse*, „Wired", 3.06.2017, wired.com, bit.ly/2VEnFsK, dostęp: 1.04.2019.

[6] Pat Henry, *20 Prepper Gift Ideas for Father's Day*, „Prepper Journal", 15.01.2015, theprepperjournal.com, bit.ly/2z5JsBQ, dostęp: 1.04.2019.

[7] National Geographic Channel, *If It's the End of the World As We Know It… New Survey Reveals Americans Are Not Prepared!*, PR Newswire, 7.02.2012, prnewswire.com, prn.to/3exQjEy, dostęp: 1.04.2019.

[8] David Denkenberger, Joshua M. Pearce, *Feeding Everyone No Matter What: Managing Food Security after Global Catastrophe*, wydanie Kindle, San Diego: Elsevier Science, 2014, poz. 995.

[9] *Atlas Survival Shelters*, atlassurvivalshelters.com, bit.ly/2VnnfIp, dostęp: 1.04.2019.

[10] *The Prepster, Two-person, 3-day Emergency Kit Bag*, Preppi, preppi.co, bit.ly/2ym4ID7, dostęp: 1.04.2019.

[11] Garrett M. Graff, *The Doomsday Diet*, Eater, 12.12.2017, eater.com, bit.ly/2XR3J8D, dostęp: 1.04.2019.

[12] Douglas Rushkoff, *Survival of the Richest*, Medium, 25.08.2018, medium.com, bit.ly/2wOSIcP, dostęp: 1.04.2019.

[13] David Denkenberger, Joshua M. Pearce, *Feeding Everyone No Matter What*, dz. cyt., poz. 947.

[14] David Denkenberger, *We Have to Act Now If We Want to Feed Everyone When There Is a Global Catastrophe*, „Huffington Post UK", 31.01.2018, huffingtonpost.co.uk, bit.ly/2AaSIW9, dostęp: 1.04.2019.

[15] *GDP (current US$)*, Data, data.worldbank.org, bit.ly/2KdG0HR, dostęp: 1.04.2019.

[16] David Denkenberger, Joshua M. Pearce, *Feeding Everyone No Matter What*, dz. cyt.

[17] Tamże, poz. 1969.

[18] Tamże, poz. 1973.

[19] *UN Urges People to Eat Insects to Fight World Hunger*, BBC News, 13.05.2013, bbc.com, bbc.in/2XOEvYK, dostęp: 1.04.2019.

[20] Bryan Walsh, *Eating Bugs*, „Time", 29.05.2008, content.time.com, bit.ly/3bh27ZI, dostęp: 1.04.2019.

[21] *The Weight of All Those Creepy Crawlies*, „Globe and Mail", 21.02.2018, theglobeandmail.com, tgam.ca/3eB2Ab4, dostęp: 1.04.2019.

[22] Bryan Walsh, *Eating Bugs*, dz. cyt.

[23] David Denkenberger, Joshua M. Pearce, *Feeding Everyone No Matter What*, dz. cyt., poz. 2582.

[24] Tamże, poz. 1360.

[25] Holly Graham i in., *It's a Man Eat Man World*, „Journal of Physics Special Topics", 19.11.2017.

[26] Sarah Scoles, *A Rare Journey into the Cheyenne Mountain Complex, a Super-bunker That Can Survive Anything*, „Wired", 3.06.2017, wired.com, bit.ly/2VAj9eM, dostęp: 1.04.2019.

[27] Jennifer Duggan, *Norway: "Doomsday" Vault Where World's Seeds Are Kept Safe*, „Time", time.com, bit.ly/34KFJWi, dostęp: 1.04.2019.

[28] Damian Carrington, *Arctic Stronghold of World's Seeds Flooded after Permafrost Melts*, „Guardian", 19.05.2017, theguardian.com, bit.ly/2xxG4j3, dostęp: 1.04.2019.

[29] Rosalind P. Murray-McIntosh i in., *Testing Migration Patterns and Estimating Founding Population Size in Polynesia by Using Human MtDNA Sequences*, „Proceedings of the National Academy of Sciences" 1998, vol. 95, No. 15, s. 9047–9052.

[30] Rachel Feltman, *We Could Move to Another Planet with a Spaceship like This*, „Popular Science", 4.05.2018, popsci.com, bit.ly/2XLPIZP, dostęp: 1.04.2019.

[31] TEDx Talks, *Humanity on the Edge of Extinction: Anders Sandberg: TEDxVienna*, YouTube, 14.12.2017, youtube.com, bit.ly/3ewPcow, dostęp: 1.04.2019.

[32] Katherine J. Curtis White, *Declining Fertility among North American Hutterites: The Use of Birth Control within a Dariusleut Colony*, „Biodemography and Social Biology" 2002, vol. 49, No. 1–2, s. 58–73, doi:10.1080/ 19485565.

[33] 2002.9989049.

[34] Zaria Gorvett, *Future – Could Just Two People Repopulate Earth?*, BBC, 13.01.2016, bbc.com, bbc.in/3bn5P41, dostęp: 1.04.2019.

[35] Seth D. Baum, *Long-term Trajectories of Human Civilization*, „Foresight" 2019, vol. 21, No. 1, s. 53–83, doi 10.1108/FS-04-2018-0037, 11.03.2019.

[36] Steven Levy, *Jeff Bezos Wants Us All to Leave Earth – for Good*, „Wired", 20.11.2018, wired.com, bit.ly/2KjgK30, dostęp: 1.04.2019.

[37] Dom Galeon, *Jeff Bezos: "We Have to Go to Space to Save Earth"*, Futurism, 6.11.2017, futurism.com, bit.ly/2yoR9mo, dostęp: 1.04.2019.

[38] Neil Strauss, *Elon Musk, The Architect of Tomorrow*, „Rolling Stone", 25.06.2018, rolling-stone.com, bit.ly/2wPRRIW, dostęp: 1.04.2019.

[39] Elien Blue Becque, *Elon Musk Wants to Die on Mars*, „Vanity Fair", 30.01.2015, vanityfair.com, bit.ly/2RPtXVr, dostęp: 1.04.2019.

[40] Rahul Kalvapalle, *Humanity Has 100 Years to Colonize Other Planets or Die Out: Stephen Hawking*, „Global News", 22.05.2017, globalnews.ca, bit.ly/3apkfiF, dostęp: 1.04.2019.

[41] Dave Mosher, *Jeff Bezos Just Gave a Private Talk in New York: From Utopian Space Colonies to Dissing Elon Musk's Martian Dream, Here Are the Most Notable Things He Said*, „Business Insider", 23.02.2019, businessinsider.com, bit.ly/34ODGAD, dostęp: 1.04.2019.

[42] Nick Bostrom, *Astronomical Waste: The Opportunity Cost of Delayed Technological Development*, „Utilitas" 2003, vol. 15, No. 03, s. 308–314, doi:10.1017/s0953820800004076.

[43] Dave Goldberg, *Will the Universe End in a "Big Rip"?*, Io9, 16.12.2015, io9.gizmodo.com, bit.ly/2RQ54c3, dostęp: 1.04.2019.

[44] Nick Bostrom, *Astronomical Waste*, dz. cyt.

[45] Seth Baum, *Why Colonizing the Galaxy Is the Highest Good – Facts So Romantic*, „Nautilus", 14.04.2017, nautil.us, bit.ly/3eAIptR, dostęp: 1.04.2019.

[46] Alok Jha, *Mars Mission Astronauts Face Radiation Exposure Risk*, „Guardian", 31.05.2013, the-guardian.com, bit.ly/2XMsJOr, dostęp: 1.04.2019.

[47] Adam Rogers, *Sorry, Nerds: Terraforming Might Not Work on Mars*, „Wired", 30.07.2018, wired.com, bit.ly/2xGpc9G, dostęp: 1.04.2019.

[48] Dave Mosher, *Jeff Bezos Just Gave a Private Talk*…, dz. cyt.

10. Koniec. O co walczymy

[1] James Hayes-Bohanan, *More Food For Thought*, Food for Thought, http://webhost.bridgew.edu/jhayesboh/Morefood.htm, dostęp: 1.04.2019.

[2] *Backup Humanity*, Interstellarbeacon, interstellarbeacon.org, bit.ly/3bprmZM, dostęp: 1.04.2019.

[3] Eugene Rabinowitch, *The Narrowing Way*, „Bulletin of the Atomic Scientists", sierpień 1953.

[4] *Doomsday Clock*, „Bulletin of the Atomic Scientists", thebulletin.org, bit.ly/3cD9qvf, dostęp: 1.04.2019.

[5] *Current Time*, „Bulletin of the Atomic Scientists", thebulletin.org, bit.ly/3eAiZwu, dostęp: 1.04.2019.

[6] Julian Savulescu, Ingmar Persson, *Moral Enhancement*, „Philosophy Now. A Magazine of Ideas" 2012, philosophynow.org, bit.ly/3eKGi78, dostęp: 1.04.2019.

[7] Fredric Jameson, *Fredric Jameson, Future City, NLR 21, May–June 2003*, „New Left Review", maj–czerwiec 2003, newleftreview.org, bit.ly/3cAuRgr, dostęp: 1.04.2019.